المركز القومي للترجمة

كون كهربائي

كيف أضاءت الكهرباء العالم الحديث

تأليف:
دافيد بودانيس

ترجمة:
عزت عامر

2113

كون كهربائى

كيف أضاءت الكهرباء العالم الحديث

المركز القومى للترجمة
تأسس فى أكتوبر ٢٠٠٦ تحت إشراف: جابر عصفور
مدير المركز: أنور مغيث

- العدد: 2113
- كون كهربائى: كيف أضاءت الكهرباء العالم الحديث
- دافيد بودانيس
- عزت عامر
- الطبعة الأولى 2018

هذه ترجمة كتاب:
ELECTRIC UNIVERSE:
How Electricity Switched on the Modern World
By: David Bodanis

شارع الجبلاية بالأوبرا- الجزيرة- القاهرة. ت: ٢٧٣٥٤٥٢٤ فاكس: ٢٧٣٥٤٥٥٤
El Gabalaya St. Opera House, El Gezira, Cairo.
E-mail: nctegypt@nctegypt.org Tel: 27354524 Fax: 27354554

كون كهربائى

كيف أضاءت الكهرباء العالم الحديث

تأليف : دافيد بودانيس

ترجمة : عزت عامر

2018

بطاقة الفهرسة
إعداد الهيئة العامة لدار الكتب والوثائق القومية
إدارة الشؤون الفنية

بودانيس ، دافيد

كون كهربائى : كيف أضاءت الكهرباء العالم الحديث / تأليف دافيد بودانيس ؛ ترجمة عزت عامر - القاهرة : المركز القومى للترجمة، ٢٠١٨

٢٦٤ ص ؛ ٢٤ سم

١ - الكهرباء

أ - عامر ، عزت (مترجم)

ب - العنوان ٥٣٧

رقم الإيداع ١٤٧٤٢ / ٢٠١٦

الترقيم الدولى I.S.B.N. 978 -977-92-0736-0

طبع بالهيئة العامة لشئون المطابع الأميرية

المحتويات

الجزء الخامس : المخ وما وراءه

كلمة المترجم

عالمنا المرئى قديم لكن الكهرباء أقدم منه، إذ إنها كانت موجودة ونشيطة بقوة وعملت دون توقف منذ أكثر من ١٣ مليار سنة، أى منذ بدايات ظهور الطاقة والمادة بعد الانفجار العظيم الذى بدأ به الكون.

وإذا كان الإنسان قد احتاج إلى بضعة آلاف من السنوات بعد ظهور حضاراته المعروفة لكى يكتشف هذه الكهرباء، فإنه فى مجرد قرنين فقط، بعد اكتشاف أليساندرو فولطا لأول بطارية كهربائية بدائية، كان قد ابتكر ما لم يكن من الممكن تخيله من قبل. فأصبحت هناك هواتف وتلغرافات ومصابيح كهربائية، ووسائل نقل عامة سريعة، والمذياع والتلفزيون والحاسب. ابتكر الإنسان تقنيات لاستخدام الكهرباء بطرق غيرت المجتمعات الإنسانية تغييراً جذرياً.

ويدخل الكاتب فى نسيج شخصيات المخترعين الكبار فى مجال الكهرباء وحياتهم، ليوضح بتفصيل حيوية الظروف، بل والصدف أحياناً، التى قادتهم إلى اكتشافات مبهرة. فبالإضافة إلى ضرورة توافر أوضاع مناسبة لاختراعات ما وكون التطورات السابقة عليها تحتم اكتشافها، تلعب الحياة الشخصية للمخترع وطبيعة شخصيته دوراً مهماً فى توجيهه نحو اكتشاف الجوانب الخفية فى ظاهرة ما والقانون الذى يحكمها وإمكانية تطبيقها وتحويلها إلى أجهزة بالغة الأهمية فى الحياة اليومية للناس.

وهكذا، بدلاً من أن تكون الاكتشافات والاختراعات العلمية العملاقة مجرد أحداث معزولة عن واقعها، يقدمها الكاتب بوصفها ثمرة تطورات تاريخية مهمة فى المعارف الإنسانية ونتاجاً حتمياً لظروف شخصية دفعت إلى التحدى واستخرجت بالاستبصار الفردى

والعقل الجماعى خلاصة ما تتيحه لنا قوانين الطبيعة من أسرار تهب لنا طاقات لم نكن نتصورها، وتسمح لنا باستغلال قوى طبيعية ظلت مختفية أزمنة طويلة قد تمتد إلى ما هو أبعد من تاريخ ظهور الإنسان العاقل على الأرض.

عزت عامر

إهـــداء

إلى سام وصوفى، طفلىّ الحبيبين

إلى مدينة شيكاغو، حيث بدأت الحكمة التى استطعت منحها لهما

وإلى ناتاشا، التى علمتنى - عندما كنت فى أشد الحاجة إلى ذلك - كيف أبحر بلا خريطة

"إنه لأمر غامض، الكهرباء"

– صمويل بيكيت، "مسرح ٢"

مقدمـــة

عندما كان أبى صبيًا صغيراً، فى قرية فى بولندا قبل الحرب العالمية الأولى، لم يكن إطفاء أضواء الكهرباء ذا أهمية خاصة، لم تكن هناك سيارات، وهو ما يعنى عدم وجود أضواء مرور لإطفائها، ولم تكن هناك ثلاجات - مجرد كتل من الثلج أو حجرات باردة _لذلك لم يكن الطعام يفسد فجأة أيضًا. وكانت قلة قليلة من الأشخاص الأغنياء تنطفئ لديهم الأضواء لو توقفت المولدات عن العمل فى بيوتهم، وخط التلغراف الوحيد الذى كان يمر بالمدينة قد يتوقف عن العمل، لكن الحياة اليومية الحاشدة تستمر كما كانت من قبل.

فى ذلك الوقت كانت عائلة أبى قد هاجرت إلى كندا، ثم إلى شيكاغو فى بداية عشرينيات القرن العشرين، حيث الانقطاع الواسع للطاقة يكون أمرًا مختلفًا. ولعل الناس فى ظل انقطاع الطاقة ظلوا قادرين على شراء الأشياء - لم تكن هناك بطاقات ضمان تعتمد على مراجعة الحاسب - لكن سيارات الشارع التى يركبها العمال إلى المصانع لم تكن لتعمل، والهواتف التى تعتمد عليها المكاتب قد لا تعمل أيضًا، وناطحات السحاب التى كانت تفتخر بها المدينة قد تصبح بسرعة بعيدة المنال، أو على الأقل يكون هذا شأن أدوارها العليا، حيث تتعطل مصاعدها أيضًا. ولعل الأمر لم يصل إلى الكارثة التامة. قد يظل من الممكن جمع محاصيل المزارع - لم يكن هناك الكثير من الجرارات - والقطارات العاملة بالفحم والسفن العاملة بالبخار كانت تستطيع المحافظة على إمدادات جيدة إلى حد ما للمدينة.

هل هذا هو الأمر اليوم رغم ذلك؟ أنا أعيش فى لندن حاليًا، حيث يمكن للناس أن يصابوا بلامبالاة إلى حد ما، لكننى لازلت أرغب فى ألا أكون فى الخارج فى حالة الانقطاع التام للكهرباء. تعمل أغلب الراديوهات والتليفزيونات بتوصيلها بالكهرباء فى

هذه الأيام، لذلك قد يكون من الصعب أن تعرف ما إذا كانت مدرسة صغارك لا تزال مفتوحة. قد يظل هاتفك النقال يعمل، لكن دون طريقة لإعادة شحن بطاريتك قد تكون حذرًا فى استخدامك له. وتوصيل الصغار بالسيارة إلى المدرسة فى وقت انقطاع للكهرباء، غير محدد الوقت وقد يكون رهانًا غير مضمون العواقب، لأن محطات الغاز تعتمد على صهاريج التخزين تحت الأرض، وإلى أن ينتهى انقطاع التيار، لا تستطيع المحطات استخدام مضخاتها العاملة بالكهرباء لسحب المزيد من الوقود لبيعه لأى شخص فى المدينة. ولا يمكنك جمع مؤونة من محلات البقالة وتخزينها؛ فبطاقات الضمان لا تعمل ولا يمكنك الحصول على مزيد من المال، لأن آلات الصراف الآلى تعتمد على الحاسبات التى تعمل بالكهرباء أيضًا.

خلال أسبوع قد تتعطل المدينة بالفعل، قد تصبح مراكز الشرطة معزولة عندما لا تعمل هواتفها، وبعد وقت قصير إلى حد ما قد تفقد بطاريات الراديو لديها شحنتها أيضًا، ولا يمكن لأحد استدعاء سيارات الإسعاف، لأن أجهزة الراديو فيها أو الوصلات الهاتفية قد تكون متوقفة أيضًا. قد يحاول قلة من الناس السير إلى المستشفيات، لكن قد لا يكون فيها الكثير: لا أشعة سينية، ولا أمصال محفوظة فى المبردات، ولا دم فى المبردات، ولا تهوية ولا إضاءة.

الذهاب إلى المطار فى محاولة للهرب قد لا يحل المشكلة، لأنه مع عدم عمل المولدات الاحتياطية، قد تكون رادارات المطار متوقفة عن العمل، ولا تقلع الطائرات بالتحكم اليدوى، لأن أى وقود متبقٍ فى خزانات تحت الأرض لا يمكن ضخه. ومع انتشار انقطاع التيار قد يتم إغلاق موانى البلد، حيث لا توجد كهرباء لتشغيل الروافع التى تنقل الحاويات الضخمة ولا طريقة لمراجعة قوائم الجرد الإلكترونية. قد يحاول الجيش حراسة مرافق الوقود، لكن بمركباته الخاصة التى تستهلك القليل من الوقود، ولا يمكن أن يستمر ذلك طويلاً. لو كان انقطاع التيار فى العالم كله، قد تشتد العزلة، قد تنهار الإنترنت والبريد الإلكترونى بسرعة بالغة، ثم خطوط الهاتف أخيرًا، قد تتوقف آخر عمليات بث للتليفزيون والإذاعة.

قد يبدأ الموت جوعًا فى المدن ذات الكثافة العالية فى آسيا، خاصة مع عدم وجود تكييف هواء فى المخازن التجارية الكبيرة، خلال بضعة أسابيع من انقطاع التيار

الكامل قد يغدو العيش غير ممكن فى معظم مدن العالم والضواحى. قد يكون هناك قتال، خطر إلى حد ما، من أجل الطعام والوقود، وبتعداد سكانى عالمى قدره ٦ مليارات، قد يكون لدى القليل من الناس فرصة النجاة.

لكن ماذا لو لم يكن إمدادنا بالكهرباء هو الذى سيتوقف فقط؟ ماذا لو أن كل وجود للقوى الكهربائية انتهى؟ سوف تتدفق كل محيطات الأرض إلى أعلى وتتبخر مع انفصال الرابطة الكهربائية بين جزيئات الماء، ولا تعود جدائل الدنا فى أجسادنا مرتبطة ببعضها البعض. وأى كائن حى يتنفس الهواء مازال سليمًا قد يبدأ فى الاختناق، لأنه بدون تجاذب كهربائى، قد تثب جزيئات الأكسجين فى الهواء دون فائدة لجزيئات الهيموجلوبين فى الدم.

قد تنفتح الأرض نفسها وتبدأ فى الذوبان عندما تتلاشى القوى الكهربائية التى تربط أملاح السليكات والمواد الأخرى فى كوكبنا معًا. قد تنهار الجبال فى الفراغات التى تظهر حيث الصفائح القارية تكون قد انفصلت عن بعضها. فى اللحظات الأخيرة، قد ترى قلة من الكائنات الحية الشمس نفسها وهى تنطفئ، حيث الضوء المحمول لنجمنا يكون قد توقف فجأة ويتحول آخر يوم لعالمنا إلى ليل.

لماذا لا يحدث أى شىء مثل ذلك؟ تعتبر قوة الكهرباء بالغة القوة، وعملت دون توقف منذ أكثر من ١٣ مليار سنة. لكنها أيضًا خفية تمامًا، محشورة بعمق فى كل الصخور والنجوم والذرات. تشبه هذه القوة مصارعين أولمبيين، لا تتم ملاحظة الصراع بينهما لأنه يندر أن تتحرك أيديهم. هناك باستمرار تقريبًا كميات متساوية من الشحنات الكهربائية الموجبة والسالبة فى كل شىء حولنا – وهى بالغة الاتزان حتى أنه رغم تأثيراتها فى كل مكان، يظل وجودها غير مرئى.

لحقب طويلة ظلت هكذا – مع تطور المجرات وتشكل الكواكب، ومع ظهور القارات والأشجار والأعشاب على الأرض. أحيانًا لا بد أنه كانت هناك مشاهد قصيرة فى الماضى. لعل أسلافنا من القردة الجنوبية australopithecine قد لاحظوا انفجارات مفاجئة للبرق، باعتبارهم بشرًا مبكرين. لكن بمجرد أن اتضح الأمر، لعل هذه القوة قد

عادت بسرعة إلى المملكة غير المرئية التى أتت منها، وفى أغلب التاريخ، تعثر البشر ببساطة حولها، غير واعين بها.

فى كتاب له، يتصور إسحاق باشيفيز سنجر Isaac Bashevis Singer فلاحاً فى أيرلندا العصور الوسطى يرتدى معطفه الكتانى فى إحدى الليالى ويلاحظ شرارات ساطعة تقفز من النسيج. لو أن فلاح سنجر نادى على قسيس القرية والمسنين الحكماء الآخرين لرؤية ما حدث الليلة الماضية، لم يكن من المرجح أنهم سيلاحظون أى شىء: تظهر الشرارات الكهربائية الإستاتيكية فى الهواء الجاف فقط، وأيرلندا رطبة. لم يكن أحد ليصدق ما رآه، لم يكن لأحد أن يستطيع فحصها بعد ذلك. حتى فى بلدان الصحراء الجافة، قد يبعثر الغبار والرمل الشرارات والتى يبدو أنها تظهر وتختفى بطرق عشوائية تماماً.

كانت هناك جهود كثيرة متشظية لاختراق هذا العالم الخفى، من الأزمنة اليونانية الكلاسيكية وما بعدها، لكن حتى فى منتصف القرن الثامن عشر كانت هناك معرفة حقيقية ضئيلة. أتى الاختراق مع أعمال باحث إيطالى مختال بصورة ملائمة، هو أليساندرو فولطا[١]، فى تسعينيات القرن الثامن عشر. شعر بأنه سيكون تكريم عظيم له لو أنه حدد مكان الدخول الذى تأتى منه هذه "الكهرباء" الغامضة، وبعد جهد كبير أدرك أين عليه أن يبحث. توصل إلى أنه لو ضغط قرص نحاس على هيئة عملة نقدية على جانب من لسانه، وقرص زنك على الجانب الآخر ثم لامس بين طرفى العملتين معاً، فإنه يشعر بوخز بنطلق بسرعة عبر لسانه[٢]. لقد حدد مكان أول "بطارية"[٣] فى العالم تعمل بشكل ثابت – فى فمه.

سرعان ما توصل فولطا إلى أن أى معدنين يمكن أن يحدثا هذه الخدعة ما دام تفصل بينهما كمية ضئيلة من اللعاب، أو المياه المالحة، أو أى سائل آخر يحدث تآكل. لم يعرف سبب ما يحدث، أو كيف أن المياه المالحة يصدر عنها المزيد من الإلكترونات التى تظهر على أحد المعدنين، لكنه استطاع إرسال رذاذ وخز الإلكترونات عبر طاولة المختبر من خلال سلك وأصبح مشهوراً لمجرد وصف ذلك، وكان هذا كافياً. المادة التى خرجت من هذه البطارية اندفعت إلى الأمام مثل ماء فى نهر، لذلك سميت "تياراً كهربائياً".

مع انتهاء الفترة الفكتورية، كان هذا هو أغلب معرفتنا: معدنان، عندما يوضعان بالقرب من بعضهما البعض، يمكن أن ينتجا أحيانًا تيارًا ذا شرر فى السلك الواصل بينهما. بدت ظاهرة ضعيفة ومثيرة للفضول لا غير، وكانت أول باب مفيد للدخول فى عالم كان خفيًا.

فى هذا الكتاب أعرض ما حدث فى قرنين منذ فتحت البشرية هذا الباب، والذى استغرق قرنين فقط. الجزء الأول ينظر فى الباحثين الفكتوريين الذين ألقوا بضع نظرات خاطفة قليلة الأهمية على الكهرباء ومع ذلك ابتكروا أجهزة لم يكن من الممكن تخيلها من قبل. كانت هناك هواتف وتلغرافات ومصابيح كهربائية، وسكك حديدية مرتفعة فى الملاهى ووسائل نقل عامة سريعة - ومزيد غير مسبوق من محركات تعمل بالكهرباء كلها. بل كان هناك حتى آلة فاكس كهربائية تعمل بكفاءة فى فرنسا فى ١٨٥٩ - قبل الحرب الأهلية الأمريكية.

بدأ العالم يتغير، أسهمت الموجة الجديدة من التقنيات الكهربائية فى إنشاء الشركات الجديدة وأدت إلى تصويت النساء فى الانتخابات، وظهور ضواحٍ ممتدة بعيدة عن المدن، والصحف المصغرة، وأدت، مع تأثرها برسائل التلغراف المفعمة بالحيوية، إلى نثر بأسلوب هيمنجاوى. يبدو أن أحد مدراء الهاتف المرحين قد لاحظ أن الأمريكيين أصبحوا أول ناس يقطعون الجنس للرد على مكالمة هاتفية.

كان على الأمور أن تتوقف هناك، لكن فى منتصف ١٨٠٠ فتح اثنان من أعظم العلماء فى إنجلترا الباب أمام نطاق كهربائى أوسع. لقد تصولا إلى أن الكهرباء التى تئز خلال الأسلاك لا تتحرك عبره بنفسها. هناك شىء آخر، اندفاع مخترق لموجات غير مرئية، تندفع عبره. فى الجزء الثانى من الكتاب، سأوضح أن كل الفضاء من حولنا - من الهواء فى الأعالى إلى داخل لحمنا - مليء بملايين من هذه الموجات الطائرة غير المرئية.

كان العديد من الباحثين الذين سمعوا عن هذه الموجات بالغى الفزع مع معرفة أنهم أصبحوا أكثر اقتناعًا من أى وقت مضى بإيمانهم الدينى، ورأى آخرون أن تلك

الموجات غير المشكوك فى أمرها حتى ذلك الحين هى آلية يحدث من خلالها إدراك فوق الحسى والظواهر الفيزيائية الأخرى.

فكرة أن عالمنا تخترقه موجات غير مرئية كان أمراً غريباً إلى أقصى حد حتى احتاج الأمر إلى مشروع هندسى عملاق، فى الأعماق تحت المياه الباردة للأطلنطى، لكى يبدأ اقتناع لأغلب الباحثين بأن الأمر حقيقى. قبل نهاية القرن التاسع عشر، وجد عالم تجارب عاقد العزم طرقًا لإطلاق هذه الموجات من داخل سلك نحاسى وإرسالها لتطير حرة. أدى هذا الاكتشاف إلى أول تجارب للهواتف الخلوية (واشتغل هاتف نقال أولى فى بورتلاند بليس فى لندن فى ١٨٧٩، خارج إدارة بث بى. بى. سى. فى الوقت الراهن)(٤). بعد ذلك بعدة عقود قليلة، ظهر التليفزيون والرادار أيضاً، ورسائلهما تنتقل على نفس الموجات غير المرئية. فى الجزء التالى والثالث من الكتاب، أعرض كيف تم استخدام هذه الموجات: أولاً من أجل السلام، ثم فى الحرب.

فى القرن العشرين تم فتح الباب أكثر. استطاع قلة من علماء الفيزياء أخيراً النظر مباشرة فى وجه الكهرباء. أصيب الأصغر من بينهم بالفزع مما رأوه، والكثير من الأكبر سنًا – حتى بمن فيهم أينشتاين العظيم – انسحبوا بشكل منتظم، قائلين بأن ما ظهر حينئذ أمر لم يكونوا يقبلونه قط.

ما توصل إليه الباحثون كان أن الذرات داخلنا لا تشبه حقًا نظمًا شمسية مصغرة، مع إلكترونات تدور مثل كواكب مصغرة حول شمس بالغة الصغر. وبالأحرى فإن هذه الإلكترونات – والتى تعتبر أساسية فى كيفية تأثير الكهرباء علينا – يمكنها أن تنتقل عن بعد من مكان إلى آخر. لقد كانت الطبيعة الوحيدة التى يمكن التنبؤ بها جزئيًا لهذه القفزات التى كان يفكر فيها أينشتاين عندما قال قوله المشهور، "الرب لا يلعب النرد بالكون" (وكان أن رد على هذه الحكمة نيلز بور بانزعاج، "أينشتاين، توقف عن القول للرب ما عليه فعله!").

هذا القفز للإلكترونات داخلنا قد يكون كما لو أن الأرض إلكترون يمكنه الانطلاق فوراً من الشمس واحتلال وضع ليتأرجح فوق كوكب المشترى. ويمكن للعائلات وهى تتناول إفطارها فى دالوث، فى مينيسوتا، أن تنظر عبر نوافذها، لترى بقعة حمراء

بالغة الضخامة، ويتأوهون وهم يمسكون المائدة بقوة، وهم يعرفون ما كان مرجحًا أن يحدث بعد ذلك. وبينما يحجزون الأطباق، يعانون من سلسلة أخرى من الاهتزازات، بينما تقفز الأرض إلى مكان آخر فى الفضاء ـربما عائدة بهم إلى مدارهم الأصلى، لكن ربما تقذف بهم إلى نظام شمسى بعيد لمزيد من المغامرات والأوانى الفخارية المحطمة.

لعل هذه النتائج الجديدة كانت ستظل مجرد فضول فى المختبر، لكن القرن العشرين جاء بأشد الحروب خطرًا، وفى تلك الأزمنة كان ظهور أى شخص يعد بتفسير كيفية تحرك الإلكترونات المشحونة يتيح له فرصة الحصول على تمويلات إضافية لبحثه. فى الجزء الرابع من الكتاب أوضح كيف يمكن استخدام هذه القفزات الجامحة المحمولة عن بعد فى أول آلة تفكير ضخمة فى القرن، وفى النهاية فى الرقائق بالغة الصغر التى تعمل الآن يوميًا فى الهواتف المحمولة، وطائرات الركاب النفاثة، ومضخات آبار النفط، وكل الأجهزة الأخرى التى أوضح أهميتها الكبيرة انقطاع التيار الذى تخيلناه.

تعمل الكهرباء أيضًا فى آلات التفكير الخاصة بنا - المخ - وينتهى الكتاب بقسم يوضح كيف تم اكتشاف ذلك، وكيف أدى إلى حبات دواء مثل بروزاك، الذى، إذا تم بلعه، يتحول بالفعل إلى كهرباء سائلة يمكنها تشكيل مزاجنا نفسه. نستخدم الكهرباء للشعور بكل شخص ومشهد حولنا، أى شخص نلمسه أو نقبله سيكون متاحًا لنا إلى الأبد، مع إلكترونات متوهجة من أصابعنا أو شفاهنا تدخل باستمرار فى طريق الاتصال المباشر.

إنه موضوع مدهش، لكنه معقد. للمحافظة على النص الرئيسى غير محمل بالتفاصيل والتقييدات، تعطى الملاحظات فى نهاية الكتاب المزيد من الدعم للتفسيرات المتنوعة، بالإضافة إلى اشتقاقات مثل هذه التحف مثل حقيقة أن الموجات غير المرئية تتدفق من أمخاخنا بطول موجة نحو ٢٠٠ ميل، وخلاف ذلك هناك موقع على الإنترنت - davidbodanis .com - ينظر فى المزيد ولو قليلاً فى العلم والتاريخ.

هناك قصص عبر المسار أغلبها عن الدين، والحب والخداع وأيضًا عن العلم أو التقنية غير الشخصيين. إنها تأخذنا من مخازن هامبورج خلال عاصفة حريق الحرب العالمية الثانية إلى عقل ألان تورنج Alan Turing، مخترع الحاسب متقد الذكاء، الذى طاردته سلطات نفس البلد الذى أنقذه، من مايكل فارادای Michael Faraday المولود فى حى فقير، والذى استخف به معاصروه لإيمانه الدينى (ومع ذلك الذى استخدم إيمانه ليصبح أول من يرى القوى الكهربائية التى تتذبذب غير مرئية خلال الفضاء)، إلى الفنان المدلل، صموئيل مورس Samuel Morse، الذى جرى متلهفًا إلى عمدة نيويورك على منصة كاثوليك مضطهدين، والذى علّم المزيد حول كيفية عمل التلغرافات أكثر بكثير عن ما اهتم بالسماح به، من رجل تخوم لم يكن ليصدق أن أى شخص قد يرغب فى إعطاء براءة اختراع لمثل هذه الفكرة الواضحة.

هناك المهاجر إلى أمريكا المليء بالحماسة الذى تخطى العشرين من العمر، ألكسندر بل Alexander Bell، بعد أن يأس من التمسك بحب طالبة مراهقة صماء، وهناك من تخطى الأربعين، روبرت واطسون Robert Watson الذى كان يائسًا من الهرب من زواج مضجر ومن سلوف Slough المملة فى ثلاثينيات القرن العشرين. وهناك أوتو لوى Otto Loewi، الذى استيقظ عشية أحد أعياد الفصح مدركًا أنه قد حل مشكلة كيفية عمل الكهرباء فى جسمنا، ومع ذلك لم يمكنه فى الصباح، وهو يبذل مجهودًا كبيرًا، أن يقرأ التفسيرات المخربشة التى دونها بجانب سريره خلال الليل، وهناك الصبى من ريف إسكتلندا، جيمس كلارك ماكسويل James Clerk Maxwell الذى تمت معاملته كأبله لعدة سنوات بواسطة متغطرسين فى مدرسته الابتدائية، ومع ذلك أصبحَ من أعظم علماء النظريات العلمية فى القرن العشرين، واستطاع اختراع البنية الداخلية للكون بطريقة تحقق علماء الفترة الزمنية اللاحقة من أنها كانت صحيحة تمامًا. كل هذه القصص توضح كيف تمت رؤية القوة الهائلة للكهرباء بالتدريج: وكيف تم استخراجها من نطاقها الخفى – وكيف أننا، نحن البشر غير الكاملين، مصنوعون من القوى المعززة التى خولتها لنا الكهرباء.

الجزء الأول

أسـلاك

عندما كان الكون لا يزال شاباً، فى اللحظات الأولى بعد الانفجار الكبير، بدأت الإلكترونات المشحونة بقوة فى التدفق من الفرن الدائر كالدوامة الذى كان يملأ الفضاء الخالى[٥]. أصبح الكثير منها جزءا من الذرات البسيطة للهيدروجين التى تدافعت فى الكون وانتهى بها الأمر فى النجوم الضخمة.

خلال وجودها الطويل فى النجوم، بل وحتى أكثر من ذلك عندما انفجرت النجوم منفصلة، حدث انضغاط لوفرة من هذه الذرات مع بعضها البعض بقوة ضخمة حتى أنه تم تكوين ذرات أكبر.

وهكذا وُلدت معادن مثل النحاس، والحديد والفضة.

ولعدة حقب طفت هذه المعادن، أيضًا، فى الفضاء. وأخيرًا سقطت نحو مجموعة شمسية جديدة، وأصبحت جزءًا من الترسبات الخام على قارة أمريكا الشمالية. انضمت إليها ذرات معدنية كان قد تم تكوينها فى انفجارات نجمية أخرى بعيدة. مختفية بعمق داخل كل ذرة، حيث سكن الخام مدفونًا، بقيت شحنات الإلكترون القوية.

ارتفعت الجبال وهبطت. الزواحف العملاقة فى غابات نبات السرخص تم اصطيادها، وتغيرات النظم البيئية، والثدييات العملاقة فى الغابات الصنوبرية والغابات عريضة الأوراق تم اصطيادها. وصلت مجموعات صغيرة من مستخدمى السهام من آسيا، وبعد ذلك بآلاف السنين، وصل المزيد من البشر، فى مراكب طافية عملاقة من أوروبا وإفريقيا. كانت هناك حروب حدود قاسية، وظهرت مجتمعات صغيرة جديدة. تم تقليب الأرض للزراعة، وتم سبرها بحثًا عن خامات المعادن. واقترب إطلاق الشحنات الكهربائية المخفية، التى لم تتغير منذ مليارات السنوات.

الفصل الأول

ساكن التخوم والغندور
ألبانى، ١٨٣٠، وواشنطن العاصمة، ١٨٣٦

كان جوزيف هنرى Joseph Henry أمريكيًا ضامرًا قوى البنية من الأبعاد المترامية لولاية نيويورك الحدودية، وكان قد توقف فى سن الثلاثين عن القيام بالأعمال المختلفة الغريبة (المملة)، بناء (دخل منخفض جداً)، عامل معادن (حرارة مرتفعة)، وعندئذ والأكثر كارثية، ماسح الأراضى، حيث ترك نفسه موضوعًا للشائعات وهو يقود فريقًا لعدة أشهر شتوية خلال الغابات نحو الحدود الكندية (أكثر برودة بكثير). فى ١٨٢٦، وقد عاد منتعشًا من عملية المسح وبشكل معجز لم يصبه ضرر من التثلج فى الصقيع، سمع عن وظيفة فى مدرسة فى مدينته الأصلية ألبانى. سيكون الأجر منخفضًا، وباعتباره موظفًا جديداً سوف يعكف على تدريس الحساب الأولى بالإضافة إلى الموضوعات الأخرى، لكن حجرات الدراسة ستكون دافئة – لذلك انتزع الوظيفة على الفور.

كان لديه عشرات من صبيان المزارع يجب تهدئتهم – صبيان خبراء فى الكرات الورقية الصغيرة التى تمضغ ويقذف بها وفى لكزات الأقلام الرصاص – لكنه كان يعرف ما يجعلهم سعداء. الصبيان مثل مواد البناء، والأكبر هو الأفضل، ولقد أعطاهم فحسب شيئًا حقيقيًا، كبيراً بالفعل لبنائه.

سيكون المجال الجديد للكهرباء مكانًا جيداً لاصطياد فكرة، هكذا قرر، لأنه كان مجالاً قد أثار اهتمامه بالصدفة بطريقة التعليم الذاتى. تغطى الكلمة نطاقًا كاملاً من الظواهر، من الشرارات الصغيرة للإستاتيكا إلى صواعق البرق العملاقة التى اشتهر

ببحثها الطابع المتقاعد المشهور فى فيلاديفيا بنجامان فرانكلين Benjamin Franklin. كانت مادة مثيرة لأنها تبدو دائمًا متضمنة لنوع غريب من المادة المتوهجة. لم يكن هناك من يعرف المزيد عما كانت عليه بالفعل - لكن هنرى كان قد سمع توًا بتلميح مثير للاهتمام.

لا تعيد الكثير من المجلات العلمية الأوروبية الأمر إلى ألبانى فقط، لكن واحدة فعلت ذلك، بعد أشهر - بعد الرحلة الطويلة المعتادة فى المحيط وانتظار ذوبان الثلج على هدسون - حيث وصفت التجربة غير العادية لضابط المدفعية البريطانى الذى سُرح حديثًا وليام ستارجون William Sturgeon.

عندما أخذ ستارجون قطعة من الحديد وغطاها بملف من السلك، لم يحدث أى شيء آخر. كان هذا مناسبًا بما فيه الكفاية، لكن عندما استمر فى عمله وأوصل السلك ببطارية بحيث يحدث التيار "الكهربائى" الغامض لفولتا شررًا خلال السلك، بدا أن الحديد العادى أصبح حيًا. لقد تحول إلى مغناطيس قوى جذب قطعًا أخرى من الحديد نحوه، كما لو أن قوة غير مرئية كانت تقفز من السلك إلى الحديد. إغلاق البطارية يجعل كل شيء يتوقف، تصبح كتلة الحديد خاملة، وما تكون قد رفعته نحو نفسها يسقط، لم تعد ممغنطة.

لم يكن ستارجون يعرف ما يفعله بهذا الاكتشاف، لكن هنرى عرف بالضبط ما يفعله به. كان صبيانه يعانون من الضجر العام للشتاء، وتلك اللعبة المذهلة كانت ما يمكنه استخدامه لجذب انتباههم. كان لدى الصبيان مهارة يدوية، ويحبون الأشياء المادية الصلبة، كما يفعل آباؤهم أيضًا: معظم البيوت الخشبية حول ألبانى كان قد تم بناؤها حديثًا، وكان المستوطنون أنفسهم هم من أقاموا هذه المبانى. لو أنه استطاع جعل المغناطيس الكهربائى ضخمًا بالفعل، سوف يكونون كلهم فى جانبه.

لم يكن ابتكار أحد بطاريات فولتا لتشغيل الأداة الميكانيكية أمرًا بالغ الصعوبة، لأنه كانت هناك وفرة من الخام المعدنى فى المتناول، سيان محليًا أو من الموانى الضخمة فى الشرق. كان هنرى عاملاً راسخًا، وفى ١٨٢٧ كان قد نسخ عمل ستارجون، مبتكرًا مغناطيسًا كهربائيًا يمكنه رفع تسعة باوندات. استمر الصبيان فى

فصله الدراسى يلفون المزيد من ملفات الأسلاك حول كتلة الحديد، وتم تشغيل البطارية. استطاعت كتلة الحديد المغلفة رفع أكثر من عشرين باوند. استمر هنرى فى المزيد من التغليف، وعندما أصبحت ملفات الأسلاك على قرب من بعضها البعض بدرجة كبيرة بحيث تلامست وبدأت تفرقع، طلب ببساطة من عروسه الجديدة تنوراتها، وجندها لكى تقطعها إلى شرائط، واستعمل القماش فى عزل أسلاك النحاس بحيث يمكن لفها أكثر إحكامًا مع بعضها البعض.

فى ١٨٣٠، هناك على حافة الحدود الأمريكية، كان قد نجح فى صناعة مغناطيس كهربائى صغير يمكنه رفع ٧٥٠ باوند. أحب أطفال المدرسة ذلك، ولا شك فى أنهم طلبوا من بعض أصدقائهم - الذين كانوا لا يزالون فى المزارع - المجىء لمشاهدة تلك الأعجوبة. كان هنرى فخورًا به أيضًا، ولكن لسبب أكثر عمقًا. كان رجلاً شديد التدين وكان يظن باستمرار أن الرب قد خلق أعاجيب لا تراها الأعين العادية. لكننا، رغم ذلك، بما يكفى من المهارة يمكننا تكبير العمل الخفى للرب وإظهاره.

استمر هنرى فى العمل، وقبل أن يكتمل عمله، كان قد غلف كتلة صغيرة من الحديد بالأسلاك بإحكام شديد فإذا تم تشغيل البطارية، رفعت الكتلة الصغيرة أكثر من ١٥٠٠ باوند - وزن عدة سندانات حدادة كبيرة. هذا بالضبط ما استطاع الجميع رؤيته، لقد رفع هذا الشيء كله على شبكة من السقالات الراسخة. فصل البطارية، وبتحطيم شديد، "لا يفشل هذا أبدًا فى إثارة إحساس قوى"، كتب هنرى - كل هذا الوزن سوف يهبط.

هناك أوقات يكون من المهم فيها القلق تجاه التفسيرات الضمنية، وهناك أوقات أخرى يكون فيها التفكير الجيد المناسب هو أفضل طريقة للتقدم إلى الأمام. قد يتعلم الباحثون فى المستقبل أن الذرات التى صنعنا منها ليست محملات كريات صغيرة لتخفيف الاحتكاكات، لكن هناك أجزاء منها مشحونة كهربائيًا ويمكن خلعها. تلك الأجزاء الصغيرة القابلة للخلع يطلق عليها إلكترونات، واعتقد الباحثون فى نهاية القرن التاسع عشر أنها هى التى تنتقل إلى الأمام داخل السلك، وأن قوة هذه الإلكترونات المشحونة هى التى تعطى للتيار الكهربائى قوته. عندما ينقطع كبل كهربائى وينفتح فى عاصفة، تكون الشرارات التى تنتشر خارجة، علامة لتيارات من الإلكترونات التى كانت

داخل الكبل. فى سلك هاتف، تنتقل الإلكترونات إلى الأمام، وحتى فى كشاف قوى، يكون تحرك الإلكترونات أكثر.

لعل هنرى نفسه أصبح جزءًا كبيرًا من الأبحاث الريادية حول هذه النتائج: بعد عام أصبح مشهورًا كأحد علماء الفيزياء الأمريكيين فى القرن التاسع عشر، وانتهى به الأمر أن أصبح مديرًا للسميثسونيان Smithsonian. لكن عند ذلك، وقد كان شابًا إلى حد ما ولا يزال لصيقًا بألبانى، عرف أنه لن يصل إلى الكثير من تفسير كل الرفع والارتطام الذى يمكن لمغناطيساته الكهربائية أن تنتجه.

وبدلاً عن ذلك اخترع التلغراف. كان الأمر سهلاً إلى حد كبير، فقط أطال السلك الذى امتد من بطاريته إلى المغناطيس الكهربائى. الإلكترونات التى تدفقت خارجة من المعدن فى البطارية كانت من القوة بحيث تقذف نفسها على ما يبدو عبره. وبدلاً عن جعل البطارية تالية تمامًا للمغناطيس الكهربائى عند غلقها، استطاع حملها إلى الغرفة المجاورة، أو إلى الردهة السفلية، أو حتى إلى الطابق الأسفل. القوة الكهربائية التى تنبثق من بطاريته خلال السلك، تشق طريقها إلى المغناطيس الكهربائى المنتظر عند نهاية السلك، لذا أية كتلة من الحديد بعدها يمكن أن تنجذب مقتربة.

لعله كان سيصبح تلغرافًا يعمل بشكل أخرق إلى حد ما، لو أنه جعله يرفع كتلاً ضخمة من المعدن ويسقطها كلما أراد إرسال حرف واحد من الأبجدية، وبدلاً عن ذلك، عاد هنرى إلى استخدام مغناطيس كهربائى بالغ الصغر، بل حتى أكثر ضآلة من ذلك الذى ابتكره الموظف البريطانى. بجانبه تمامًا وضع شيئًا يشبه فقاشة صغيرة يمكن أن تطقطق، مثل لسان معدنى صغير. قام بتشغيل البطارية وجرى تيار فى السلك، وتم شحن المغناطيس الكهربائى، وجذب الفقاشة نحوه، كنت تسمع طقطقة. عطل البطارية فانفصل المغناطيس الكهربائى، تسمع طقطقة أخرى مع عودة الفقاشة. أدرك هنرى أنه قد يكون من السهل الاتصال بمجرد الاتفاق على أن التنظيمات المختلفة للطقطقات تمثل أحرفًا مختلفة، الشحن الكهربائية التى كانت خامدة طويلاً فى المعادن القديمة كانت تخرج عندئذ، لتشغيل هذه "الطقطقة".

أحب صبيان المدرسة فى ألبانى هذا الاختراع الجديد، خاصة عندما جعلهم هنرى يتخلصون من الفقاشة واستخدموا بدلاً عنها حلقة جرس. عندما قام أحد الصغار بتشغيل البطارية وإبطالها، كان أصدقاؤه فى الغرفة المجاورة أو حتى فى الردهة السفلية يستطيعون سماع صوت الحلقة فى انفجارات قصيرة، بسرعة مثل ما تستطيع يده التحرك.

عند ذلك دخل نوع مختلف تماماً من الأفراد المجال، شخص كانت لديه أفكاره الخاصة حول كيفية استخدام هذه الاكتشافات الكهربائية. كان صموئيل مورس Samuel Morse قد درس الفنون الجميلة فى فيليبس ويال، وفى بداية العشرينيات من عمره كان يعيش على أموال والديه فى لندن. بدا كما لو أنه مجرد طالب فن آخر غير ملموس، وهو يشرح، فى أحد خطاباته الكثيرة للوطن، أنه كان يطلب المزيد من المال ليس للصعوبات التى تواجهه فى رسم صورة شخصية ما، والتى كانت تشبه بالفعل أيًا من موديلاته، ولكن بالأحرى لأنه – ويجب أن نكون أمناء هنا – كان بالغ المهارة إلى درجة تجعل المثقف البريطانى يتعرف عليه: "... لولا أنه ليس لدى أفكار أعلى من كونى رسام صور شخصية من الطراز الأول" هذا ما أوضحه لأمه، "لكنت قد اخترت مهنة مختلفة تماماً. طموحى أن أكون من بين أولئك الذين سيحيون بريق القرن الخامس عشر، لمنافسة عبقرية رفائيل، أو مايكل أنجلو أو تيتيان...".

لكن تحت هذا الوضع المهذب، كان مورس متحمساً. لقد رباه والده، الكالفينى الإنجيلى، بحيث يؤمن بأن أمريكا قد دمرتها التآمرات السرية، وعندما عاد مورس إلى أمريكا ووجد أنه لا يزال عاجزاً عن شق طريقه فى الحياة، تبنى أفكار والده وذهب إلى ما هو أبعد منها. القوى الرهيبة التى كانت تهاجم أمريكا – وتمنع الفنانين المستحقين من النجاح التجارى – كانت من النوع الذى أصبح على معرفة بها وحده. كان هناك الزنوج واليهود وغير المرغوب فيهم الآخرين، بالطبع، لكن خلفهم جميعاً كان الكاثوليك، ووراءهم اليسوعيون – اليسوعيون السريون المسلحون، المنطلقون من إرسالياتهم عبر الولايات المتحدة، يخزنون الأسلحة النارية فى الأديرة الأيرلندية للراهبات، وكلهم تحت سيطرة إمبراطور النمسا.

عندما تم تجاهل رسائله، اعتبر ذلك إشارة أخرى إلى التآمر، لذلك أسرع مورس فى ١٨٣٦ إلى عمدة نيويورك، مع شعارات صريحة لاضطهاد الكاثوليك. "علينا أن نقاوم الشر بالغ الأهمية الذى يهددنا"، هذا ما كتبه. "ألست منتبهًا لحقيقة خطرك؟ هيا! هيا! أتوسل إليك. لمناصبك!".

تم إهماله، بالطبع، حينئذ بدأ فى العبوس، ثم - وقد وُضع فى معقل معزول فى أحد أعلى المبانى المطلة على جامعة نيويورك التى تأسست حديثًا - عمل ما يحتاج إلى فعله. كان اليسوعيون يسيطرون على أمريكا من خلال قوى خفية، لذلك كان من الضرورى أن يطور مورس - وكل الأمريكيين الطيبين الآخرين - وسائل مشابهة للمقاومة. وشيء ما يمكن أن يمتد إلى كل مكان وينطلق بسرعة الكهرباء قد يكون مثاليًا تمامًا.

لحسن الحظ، فى رحلة سفينة من لندن قبل ذلك بوقت غير قليل، كان قد سمع أحد الركاب يتناقش حول بعض طرق استخدام الكهرباء لمثل هذه الاتصالات بعيدة المدى. كان الأمر معروفًا تمامًا. كان جوزيف هنرى يعلّم فى كلية نيوجيرسى (وبعد ذلك بقليل سميت جامعة برنستون) فى ذلك الحين، وتم نشر بعض الأخبار عن أعماله. وكانت هناك أيضًا تجارب مماثلة فى أوروبا. كان تشارلز ويتستون Charles Wheat-stone ووليام كوك William Cooke فى إنجلترا، على سبيل المثال، قد مدا سلكًا من نهاية خط القطار فى إيستون فى لندن إلى محطة للقطار فى مبنى دائرى فى كامدين، عبر مسافة ميل. عندما تم توصيل طرف السلك فى إيستون ببطارية، تم تشغيل مغناطيس كهربائى فى كامدين. (أحب المقيمون المحليون ذلك، لأن تلغراف السلك الوحيد حل محل الصفارة الثاقبة وأصوات ضرب الطبول التى كان يتم استخدامها من قبل للإبلاغ عن الوصول والمغادرة).

عندئذ فى ملاذه فى نيويورك، بعد صراع لجعل تلغرافه الخاص يعمل بكفاءة - عانى من نقص فى قدرته على تجارب الإصلاح الميكانيكية بقدر معاناته فى جهوده الفنية - توقف مورس تقريبًا محبطًا. كان متأكدًا من أن هناك طريقة أخرى أكثر سهولة، لذلك قرر طلب المساعدة من شخص ما يعرف بالفعل كيفية عمل هذه المواد الكهربائية الغامضة ويمكنه توضيحها له.

حول هذه المواد وكيفية عملها، وجد جوزيف هنرى، ربما فى يوم ربيعى فى ١٨٣٨، وهو مندهش، رساماً سابقًا متحمساً أمام باب مكتبه فى برنستون.

كان هنرى مرتاح البال كما كان حاله فى ألبانى، أحبه الطلاب، وكان عندئذ قد مد كبلات تلغراف لأكثر من ميل حول حرم برنستون، وكان الطلاب يساعدونه فى العمل بشكل منتظم. كان هنرى قد أعلن غالبًا أن براءات الاختراع نوع من الأشياء التى أعاقت أوروبا. شرح لمورس بسعادة كيفية عمل نظامه - البطاريات والمغناطيسيات الكهربائية وبكرات الأسلاك. فى أمريكا، البلد الشاب المزدهر، كان من الصحيح والمناسب، حسب اعتقاد هنرى، أن يشارك كل المواطنين فيما تعلموه.

عندما غادر مورس برنستون، عرف ما هو الأفضل لمواطن صالح على الأقل. كان حاد الذهن دائمًا فى اختراع أى شىء يستطيعه - بينما كان لايزال فنانًا يصارع بآلة رخام منحنية غير عملية - وحصل على براءة اختراع للمعلومات التى لاحظها فى أعمال هنرى، بالإضافة إلى التقنيات التى تعلمها من القراءة فى التقارير الأوروبية.

من المدهش أن فكرة استخدام شفرة بسيطة فى التلغراف كانت منتشرة بالفعل. كان عالم الرياضيات الألمانى العظيم كارل فريدريش جاوس Carl Friedrich Gauss، الذى مدّ تلغرافا عبر حرمه فى كوتنجين فى ١٨٣٣، قد صنع المغناطيس الكهربائى للاستقبال الخاص به ليسحب إبرة إما إلى اليسار أو اليمين. لو أنه انتقل إلى اليسار، قد يعنى هذا الحرف a. انتقالان إلى اليمين يعنيان الحرف i، بينما المجموعات الأخرى من اليسار واليمين تعنى أحرف أخرى، وهكذا حتى الأحرف الأقل انتشاراً، مثل x وz. كان باحثون آخرون يتوصلون عادة إلى شفرات مماثلة، حيث من المعقول الحصول على إشارات أكثر سهولة لتعنى الأحرف الأكثر انتشاراً، وإشارات أكثر تعقداً لتعنى الأحرف الأكثر ندرة، (كان من الممكن معرفة أى الأحرف أكثر شيوعًا بالذهاب ببساطة إلى ورشة طباعة وإلقاء نظرة. كان منضدو أحرف الطباعة يراعون تكديس صناديق كبيرة للنوع الذى يحمل الحرف e، لأنهم كانوا يستخدمونه فى أغلب الأحيان، وكان لديهم فقط صناديق أصغر للأحرف التى تندر الحاجة إليها مثل q، و x وz).

احتاج مورس إلى عدة سنوات - ومشاركة مالية حصيفة مع أعضاء مهمين فى الكونجرس _قبل أن يضمن تمويلات حكومية كافية لكى يصنع بالفعل نموذجًا أوليًا ضخمًا عاملاً لجهاز التلغراف الخاص به (٦). فى أول أسبوع من تشغيله التجارى فى ١٨٤٤، وهو يصل واشنطن ببلتيمور، أخذ فقط ثلاثة عشر سنتًا ونصف السنت قيمة المرور، لكن فى العام التالى كان خط ممتد يأخذ أكثر من مائة دولار أسبوعيًا، وخلال عقد كان مورس أحد أغنى الرجال فى أمريكا الشمالية.

هل كان مهمًا أنه سرق غالبًا فكرة ابتكاره؟ كانت التلغرافات تعمل بالفعل فى إنجلترا وألمانيا، وفى أمريكا كان مخترعون آخرون قد اقتربوا من تنفيذها. ولا شك أنه كان هناك شخص ما آخر سيساعد على قفزة البداية لهذا النظام فى أمريكا لو أن مورس لم يفعل ذلك.

رغم أن العدالة الإلهية لم تمنع مورس من الثروات الدنيوية، فإنها ضربته بطريقة أخرى. كان لدى جوزيف هنرى حياة هنية، فهو مستريح مع طلابه ويحترمه أنداده. ومورس، رغم ذلك، وقد كان مشغولاً بالكثير من الخدع، قضى الكثير من العقود الثلاثة التالية معاقًا بالمقاضاة محاولاً الدفاع عن براءات الاختراع التى عجل بها باسمه. (كانت هناك لحظة محرجة عندما اضطر محاميه إلى الإعلان أمام المحكمة العليا أن مذكرة كان فيها الملاحظات الأصلية المكتوبة لمورس، بأمانة حقًا اختفت فى حريق غامض لم يكن هناك شهود عليه - قبل وقت قصير من توقع تقديمها للمحكمة).

كان للاختراع نتائج أخرى غير متوقعة أيضًا، قبل التلغراف، كان على راكب خيل ينقل رسالة بين مدينتين أن ينقل كمية قد تصل إلى ألف باوند من حيوان على الصخور، والآثار الطينية، والأشجار التى تسقط من وقت إلى آخر. كان ذلك يحتاج إلى كمية كبيرة من الطعام للكائنين الثديين المشتركين فى العمل، إضافة إلى تقنيات ضخمة من سرج، وإسطبلات، وحدوات خيول، وما شابه ذلك. باستثناءات قليلة، كانت المعلومات فى بداية القرن التاسع عشر تنتقل بنفس معدل نقلها فى سومر القديمة.

مع ذلك كان على سلك التلغراف النحاسى الرقيق، الذى يحمل نفس الرسالة، أن ينقل تيارًا كهربائيًا يتكون من هذه "الشرارات" الغامضة. لم يكن أحد فى أيام هنرى

يعرف أن هذه الشرارات لها علاقة بالإلكترونات، التى يزن كل منها أقل من جزء من ميلون من الأوقية، لكن معاصروه كانوا قد أدركوا أن الموجود فى الأسلاك أصغر بكثير - ويتحرك بسرعة أعلى بكثير - من أى شيء فى العالم العادى. يمكن لبطارية من الصغر بحيث تلائم كشتبان أن تعطى طاقة لرسالة إلى مسافة كبيرة وبسرعة عالية.

لقد تغير العالم، الأخبار المالية أصبح من الممكن عندئذ إرسالها على الفور بين المدن، ومع - تعزيز فرص الاتجار المُطّلِع (استخدام المعلومات السرية لتحقيق مكاسب) - ظهر أسلوب جديد فى التعاون. أصبح من السهل ربط المكاتب فى المدن البعيدة، وأصبحت شبكات القطار أكثر تعقداً، حيث إن التلغرافات المثبتة بأسلاك بجانب خطوط السكك الحديدية استطاعت ترتيب تزامن المغادرة والوصول عبر البلدان بكاملها.

كانت هناك تغيرات نفسية أيضاً، قبل الانتشار الواسع للكهرباء، كان الوقت أمراً محليّاً، لا يتغير، وشخصيّاً. احتفظت نيويورك وبالتيمور، مثلاً، بفرق فى نظم الساعات يبلغ عدة دقائق، حيث إنهما كانتا إلى حد ما على خطى طول مختلفين، ويأتى الظهر متأخراً بضع دقائق فى بالتيمور عنه فى نيويورك. كانت كل مدينة منهما عالمًا منفصلاً، ولكن أصبح من الممكن إحداث تزامن بين هذين العالمين، وأيًا كان مكانك، فإنك تعرف أنك فى وضع ملائم لزمن الساعات المحكم "المنضبط" بشكل عام.

كان ذلك نوعًا مبكرًا من العولمة. مع انتشار التلغراف فى وسط أوروبا وشرقها، اضطر ملايين المزارعين إلى اتخاذ الأسماء الأخيرة، وهو الأفضل للبيروقراطيات الحكومية المتوسعة حديثًا بالنسبة للتعليم، أو الضريبة أو بالنسبة لتجنيدهم. فى الماضى، كانت حركات الجيوش الضخمة ممكنة فقط من خلال عبقرية نادرة لنابليون أو الحماس المؤقت للمواطنين الثوريين. مع ذلك، فى منتصف القرن التاسع عشر، كان عشرات الآلاف من المجندين العسكريين الجدد المرتبكين يجدون بصورة مطردة أن تقدمهم سيراً أو نقلاً بالقطار الذى يتم ترتيبه زمنياً بالتلغراف، ينقلهم إلى أقرب مكان ممكن حيث يوجد آلاف من جنود العدو المسلحين، والذين، لسوء الحظ، يكون قد تم تجميعهم بشكل مماثل.

توقفت الصحف عن كونها دوريات لمناقشات بطيئة أو إشاعات وأسرار عن البلاط الملكى، وبدأت تعتمد على المراسلين الأجانب المهمين. أصبح زمن تهدئة الأزمات الدبلوماسية أقل، حيث يتم عادة إنهاء كسل وزارة الخارجية بالرسائل "العاجلة" والتى تصل على التو. أصبحت كمية كبيرة من الحركات السياسية تبرز فجأة بشكل أسرع مما قبل، وانتشرت تقنيات المصانع بشكل أسرع أيضًا.

نتيجة أخرى أيضًا: أصبح المزيد من الوظائف غير المسبوقة متاحة فى أمريكا، ومع هذه العولمة بمساعدة التلغراف، تزايد عدد الأوروبيين الذين استطاعوا إنجاز تنظيمات للانتقال إلى هذه العولمة. وظهرت خطوط سفن بخارية جديدة لنقل العمال عليها، بداية بالآلاف ثم بعشرات الآلاف. كان هناك يهود وبرتستانت، لكن كان هناك كاثوليك أيضًا، الكثير منهم، يتفجرون غضبًا. كانت النتيجة أن أمريكا ديناميكية وغنية بالمهاجرين، كانت كل ما يحبه جوزيف هنرى، وكانت كل ما يكرهه صموئيل مورس.

الفصل الثانى

أليك ومابيل

بوسطن ١٨٧٥

لعدة عقود استمر التحول الثابت للعالم نتيجة لانتشار التلغراف حول الكرة الأرضية. لكن عندئذ، بداية من سبعينيات القرن التاسع عشر، بدأ توقف طويل. جزئيًا كان ذلك بسبب أن أحد المراكز الرئيسية للاختراع، الولايات المتحدة، كان مستهلكًا بحرب أهلية رهيبة وبآثارها. لكن حتى فى ثمانينيات القرن التاسع عشر، كان لا يزال هناك من الناحية الأساسية تقنية جديدة.

كان لدى وول ستريت ومدينة لندن كمية كبيرة من المال لتمويل أفكار جديدة، لكن فقط لو كانت أفكارًا من السهل فهمها، أفكارًا تحسن فقط ما تم إنجازه بالفعل. ومع ذلك كانت التأثيرات الأكبر للكهرباء - الطاقة التالية المستخرجة من العدد الهائل للجزيئات المشحونة المخبأة داخلنا - ستأتى من خلال ابتكارات لم يكن من الممكن تخيلها حتى ذلك الحين. فقط فى الصيف الحار لعام ١٨٧٥ ظهر أول هذه الابتكارات الجديدة من الناحية الأساسية، وكان من عمل أكثر الرجال الشباب براءة، مدرس فى الثامنة والعشرين من العمر الذى أسس أعماله الخاصة للدروس الخصوصية فى بوسطن. لم يكن مدفوعًا لا بالجشع ولا بحافز للسلطة.

أتى ابتكاره لأنه كان فى حالة حب.

لسوء الحظ، كان موضوع عاطفته، مابيل هابارد Mabel Hubbard أنت لا تعرفين"، هذا ما كتبه يائسًا، "لا يمكنك التخمين - كم أحبك") إحدى تلميذاته، وهذا

يعنى أنه شعر بأنه مضطر لإعلان اهتمامه بها لوالديها أولاً. لكن رغم تأكيده على فرصه، وحتى مع اطمئنانه إلى أن والديها شاهدا توقيعه المنمق، حيث k المضافة جعلت اسمه أليك Aleck وليس أليك Alec المبتذل، لم يتأثرا عاطفيًا، لأن مابيل كانت من عائلة بالغة الثراء - كان والدها يملك جزءًا كبيرًا من قلب مدينة بوسطن التجارى - وكانت أيضًا فى عمر السابعة عشرة فقط، والأكثر أهمية، كانت قد أصيبت بالحمى القرمزية فى طفولتها. كانت العدوى قد انتشرت إلى أذنيها، ودمرت قدرتها على السمع. كان أليك مدرسًا للصم، وكانت مابيل عاجزة عن سماع أى ضوضاء أو موسيقى أو صوت لمدة تجاوزت عشر سنوات. تعلمت بعض التعبير بالإشارة وقراءة الشفة، لكنها عاشت حياة تحت الحماية، كان أليك ممنوعًا بشكل حاسم من تقديم نفسه رسميًا.

استمرت محاولتهما الأولى للمحافظة على توددهما سرًا نحو أربع وعشرين ساعة، لأن شقيقتها الكبرى قررت المساعدة فى سير الأمور بدعوة هذا المدرس الأكبر سنًا المثير للاهتمام إلى بيت الأسرة، بل إنها تركت أليك بمفرده مع مابيل فى الحديقة لعشر دقائق على الأقل قبل مقاطعتهما لتقديم مقدار ضئيل من الزهور للعبة "إنه يحبنى، إنه لا يحبنى".

بعد هذه الحلقة من الحدث، قام الوالدان بتعنيف آخر لأليك، وبعد بضعة أسابيع قرأت والدتها عليه خطابًا، أوضحت فيه، أنه قد يثبت فى النهاية أن الأمر انتهى. فيه كان يبدو أن مابيل تقول إنها ليست فى حالة حب لمدرسها، وأن هذا هو الأمر.

تعهد أليك بأنه سيحترم رغبات والدى مابيل، واستمر عهده هذه المرة بالفعل حتى أغسطس، عندما تتبع العائلة إلى بيتها الصيفى فى نانتاكيت. فى أول يوم له فى فندق أوشن هاوس على الجزيرة، كانت هناك عاصفة رعدية جبارة، وظل فى الداخل، يصب قلبه فى خطاب: "أحببتك برباط عاطفى متقد لا يمكنك فهمه.. من أجلك أقول سيان كنت سترينى أم لا". فى اليوم التالى ذهب إلى بيتها لتوصليه، وقابله على الباب ابن عم مابيل، وقيل له من جديد إن مابيل لن تراه، وأنها لا تحبه، وأن الأمر انتهى.

يقال إن العمى يفصلك عن الأشياء، لكن الصمم يفصلك عن الناس. كان أليك مصممًا على عبور هذا الانفصال - ليس فقط من خلال الكلمات، لأنه كان يستطيع بالفعل الاتصال بمابيل، لكن من خلال اتصال الحب الحقيقى، كان متفطر القلب، عبر كل الطريق إلى بوسطن، لكنه كان أيضًا يتفجر بالأفكار، وكان قد قضى عامًا تقريبًا وهو يقترب الآن من فكرة ممتازة حقًا، لأن اسمه الكامل كان ألكسندر جراهام بل، وكان على وشك ابتكار الهاتف.

فى بداية ثمانينيات القرن التاسع عشر، عندما كان أليك قد وصل إلى أمريكا من بريطانيا، كان يبدو أن من الممكن إرسال أكثر من إشارة واحدة عبر خط تلغراف عادى، (فكر فى شخص ينقر نمطًا سريعًا بيده اليمنى، وإطارًا منفصلاً أبطأ بيده اليسرى، كل يد ترسل مجموعة من النقرات، التى تتشابك مع الوقت، لكنك لو استمعت إليها بانتباه يمكنك تمييز النمطين). كان أليك أحد المخترعين العاملين فى هذا المجال، بشكل متقطع، لكنه كان قد أصبح عندئذ منشغلاً بفكرة أهم بكثير؛ بأن يستطيع التحويل بمجزئ تيار كل الأصوات فلا تكون مجرد طقطقات عبر خط تلغراف، صنع نموذجًا أوليًا لمحاولة تنفيذ هذه الفكرة.

فى مارس ١٨٧٥ - قبل نصف عام من تقديم نفسه إلى عائلة مابيل - كان قد حمل جهازه إلى شخص سمع أنه كان ذات مرة مهمًا فى العلم، وقد أصبح جوزيف هنرى المسن الآن، بروفيسور برنستون المتقاعد. كان سلكًا كهربائيًا يمتد من بطارية ومتصلاً بشوكة تناغم واحدة. بتوصيل البطارية وفصلها، يمكنه جعل شوكة التناغم تطن بطرق متعددة، سأل أليك ما إذا كان عليه تطوير ذلك بنفسه، أو فقط جعل آخرين يستكملون الأمر، كما تذكر بعد ذلك بسنوات: "شعرت بأننى لا أملك المعرفة الكهربائية الضرورية للتغلب على المصاعب، كانت إجابة [هنرى] الموجزة "ابحث فى الأمر". لا أستطيع أن أقول لك كم شجعتنى هاتان الكلمتان".

الآن، بالعودة إلى بوسطن، أدرك أليك أن لديه فرصة إقناع مابيل بالزواج منه على أى حال. ماذا لو ذهب مباشرة وأنهى اختراعه؟ قد يحصل على المال

والشهرة، والاحترام من والديها و – هل يمكنهما أن يكونا أكثر حظًا؟ – زواج عظيم يتفجر بالزهور.

كان عدة مخترعين آخرين قد وصلوا إلى هذه النقطة، لكن لم يكن من بين من اطلع عليهم بل من يمكنه الذهاب إلى ما هو أبعد من ذلك. مع ذلك، فإن حب أليك لم يتسع فقط لمابيل ولكن لكل جماعة الصم، لقد كان حافزًا قويًا. لم تكن أمه تستطيع السمع، وهذا ما قاده إلى بدء أعماله في التدريس الخاص في الأصل، كان قد تربى في عائلة حيث فهم كيف أن الاتصال بالصوت أمر أساسي في الواجبات اليومية.

كان جده ممثلاً وخبيرًا في فن الخطابة، وعرض جورج برنارد الذى حاكى البروفيسور هنرى هيجنز في بجماليون يعتبر جزئيًا مثالاً له في ذلك. بالفعل، أمضى والد أليك وقتًا طويلاً في مساعدة زوجته على التواصل حتى أدرك أن الطريقة العادية في تصنيف الكلام – ببساطة بعمل قوائم طويلة من كل الأصوات الممكنة – لا يساعد أبدًا الشخص الأصم.

بدلاً عن ذلك، لم يركز والد أليك على الأصوات النهائية ولكن على عملية تشكيلها. رسم سلسلة من المخططات توضح الأوضاع المختلفة للسان والشفاه، أسماه طقمه الخاص للكلام المرئى. كانت المخططات من البساطة حتى إن أى طفل كان يمكنه قراءتها. لعرض ذلك، كان يأتى ضيوف إلى والد أليك ويتحداهم في إصدار أصوات غريبة أو غير متوقعة – طقطقة من لغة كوسا من جنوب إفريقيا، أو حرف r المرتعش في اللغة الإسبانية، بل وحتى صوت عطس. ثم يسحب البطاقات المناسبة موضحًا كيفية إنتاج الأصوات وينقلها إلى أبنائه، والذين كانوا يوجدون خارج الغرفة، معتمدًا فقط على البطاقات، يمكن لأليك وأخويه تحريك لسانيهما وتضييق أو توسعة حنجرتيهما لإنتاج الصوت المطلوب بالضبط.

كان ابتكار الأصوات هذا دائمًا مثار اهتمام أليك بالفعل، وفي المدرسة في بوسطن أصبح حينئذ ينجز كل الأفكار التى يحتاجها لصناعة هاتف يعمل. كان جورجى ساندرز Georgie Sanders أحد طلابه المفضلين، وكان في الخامسة من العمر فقط عندما بدأ أليك تعليمه. أمضى أليك الوقت يلعب معه فقط، ثم بدأ لصق علامات كلمات

صغيرة على كل دمى جورجى، مشيراً إلى الكلمة كلما لعبا معًا بدمية ما. ثم، بعد حين: "تذكرت صباحًا ما عندما أتى جورجى هابطًا السلم بروح عالية، تواقًا جداً للعب بدميته... صنعت حصانًا دمية، لكنه لم يكن يرغب فى ذلك. مائدة، ظل محبطًا. بدا مرتبكًا تمامًا لمعرفة ما عليه فعله، وكان من الواضح أنه قد اعتبرنى بالغ الغباء. وأخيراً، فى يأس، ذهب إلى حامل البطاقات وبعد ترو، سحب كلمة "دمية" وقدمها لى". بذلك حسم المدرس الأمر: جعل أليك الصبى يربط فكرة اللعب بدمية، بالأحرف الغريبة المخربشة DOLL على قطعة من الكرتون. بعد ذلك وفى كل عصر، عندما كان يحين الوقت لأن يظهر أليك فى البيت، كان جورجى البالغ من العمر خمس سنوات واقفًا عند النافذة، ينتظر متشوقًا صديقه الأكبر سنًا.

ما فهمه أليك، خلال الوقت الذى قضاه مع جورجى، أمر كان يفتقد إليه أغلب الباحثين فى الهواتف المحتملة. كان هؤلاء الباحثون يربطون عادة بين الهاتف وعشرات من الشوكات المتناغمة فى طرف الاستقبال، ويرسلون مجموعة من الطقطقات فى محاولة لجعلها متناغمة مع الشوك المتذبذبة لإنتاج كلمة.

لم يعمل هذا قط بشكل جيد، عرف أليك، من الساعات التى أمضاها مع مريضه جورجى ساندرز، أنه فى الاتصال عليك أن تبدأ بفكرة، مثل أن شخصًا فى الخامسة من العمر يرغب بالفعل اللعب بدمية. ثم من تلك الفكرة تختار الكلمة الصحيحة – الأحرف المكتوبة بعناية بالحبر DOLL على حامل بطاقات جورجى – وعندئذ فقط تفتت الكلمة إلى أصوات. عرف أليك أن أى هاتف عليه أن يتبع هذا التسلسل. لكن من كان يعرف كيفية جعل الأفكار الخفية تتناغم على هيئة تذبذبات مسموعة؟

فعلت مابل ذلك، كانت تحب أليك بلا حدود، لم تكن أمها تقول الحقيقية عندما زعمت أنها تقرأ من خطاب "الرفض" فى وقت سابق من الصيف.

"أظن أننى كبرت بما يكفى الآن" كتبت مابيل لوالديها فى ذلك العام، "ليكون لى الحق فى معرفة ما إذا كان [أليك] تكلم حول [مشاعره] إليك أو إلى بابا. أعرف أننى لم أصل بعد لأن أكون سيدة، ولكن...أدرك أكثر فأكثر أننى سيدة كما لم أعرف من قبل". ثم، بشكل تأكيدى: "لا تحتاجين إلى الكتابة حول قبولى أو رفضى لعرض [هـ].

كانت هى وأليك قد وقعا فى الحب دون حتى الاعتراف بذلك، خلال سنة مضت. كانت قد تطورت لديهما مودة خلال أشهر التعليم: لقد وجدت شخصًا يمكنه أن يرى خلال صممها، ولقد وجد سيدة كان يثق فيها بما يكفى ليقرن بينها وبين كل اهتماماته. عندما كانت تتأخر كان يقابل عربتها ويجريان معًا خلال الثلج حتى غرفة الدرس لديه، وكانا يتكلمان فى السياسية والعائلة، وأحيانًا مجرد الثرثرة. ومرة تلو الأخرى، كلما كانت تجرب أصواتًا مختلفة، كان يلمس حنجرتها، وكانت تلمس حنجرته، بطريقة مناسبة تمامًا، والطلاب الآخرون حولهم، فقط بزعم أن ذلك من أجل التعرف على كيفية إنتاج الكلمات المختلفة لذبذبات مختلفة، لكن كل منهما كان يشك فيما يفكر فيه الآخرون.

"لصوتك نوعية جميلة"، كان قد همس لها بعد إحدى الجلسات، مستخدمًا إشارات اليد والتلفظ المتمهل بحيث تستطيع قراءة الشفتين، كانت مرتاعة وكتبت عن ذلك لعائلتها. لم يكن لديها تقريبًا ذاكرة عن ما يشبه صوتها، وعرفت أنها لن تسمعه أبدًا من جديد، ولم يفكر أحد قط فى إخبارها بأنها جميلة.

عندما أبعد ابن عمها زائرهم فى ذلك الصباح فى ناتاكيت، كانت مابيل غاضبة، وعندما حصلت من خلاله بعد ذلك على خطاب من أليك، شعرت بأن فرصها انهارت. "ربما من الأفضل لنا ألا نلتقى الآن لفترة قصيرة"، "وعندما نلتقى لا يجب أن نتحدث عن الحب". انهار العزم تقريبًا على الفور، بالطبع، وكانت هزيمة الوالدين أمرًا لا يمكن تجنبه. كانت والدة مابيل قد جربت بالفعل الحياة مع ابنة حازمة – أخت مابيل – وعرفت أن محاولة وضع عقبات أمام طريق الحب الوليد، مقترح خاسر. دعت أليك إلى البيت للحديث عن أفكاره الجديدة – كانت تبدو واعدة – ثم دعته من جديد. كان هناك على الأقل لقاء صاخب مع والد مابيل، والفترات الفاصلة عندما عبس المحبان واتخذا قرارًا، حدث ذلك فى النهاية، فى عيد الشكر فى ١٨٧٥ – يوم عيد ميلاد مابيل الثامن عشر – أن أبلغت أليك أنها تحبه، وقبلته، بل حتى وافقت على أن تتزوجه – ما دام كان يرغب فى إحداث تغير ضئيل فحسب. كان إسقاط حرف k الأخير من اسمه أمرًا بسيطًا، وهذا ما فعله بقية السبعين عامًا الباقية من عمره.

هيمن فهم كيفية إنتاج الذبذبات للأصوات على مغازلته غير المنطوقة لمابيل، كان حافزاً لكل تعليمه. عندما كان بعض الأطفال الأصغر فى مدرسة بوسطن معرضين للخطر من عربات السباق السريع التى تجرها الجياد -والتى لم يكونوا يسمعون صوت قدومها - جعلهم ألكيك يحاولون الإمساك ببالونات فى أيديهم العارية عندما يسيرون فى الخارج. كانت الذبذبات من العربات غير المسموعة تنتقل عبر حصى رصف بوسطن وتجعل البالونات تهتز، محذرة الأطفال لكى يسرعوا إلى الجوانب.

فى ١٨٧٥، جاء حبه مع اختراعه(٧). لماذا لا يبتكر جهازاً بحنجرة اصطناعية تحاكى حنجرة الإنسان؟ يعرف أن هذا يمكن فعله، حيث كان وهو مراهق مع أخيه قد ابتكرا حنجرة اصطناعية وشفتين : تم صنع اللسان من بضع زعانف مكسوة صغيرة، وضعا خلفها حنجرة من خروف تم تشريحه، وأسفلها ثبتا منفاخاً ليقوم بدور الرئتين اللتين تقومان بتشغيل كل هذا. بضخ المنفاخ وتحريك الحنجرة بعناية واللسان بسيط الصنع والشفتين، جعلوه يصرخ "ماما!"، بوضوح شديد جعل جاراً فى الدور العلوى ينادى بأن على أحد ما أن يغذى الطفل الصغير.

بعد ذلك بوقت قصير مارسا عملهما على كلب العائلة، وكان سكاى كلب صيد قوى التحمل. فى البداية جعلا الكلب يصدر زمجرة مستمرة، ثم - بكثير من البسكويت كحافز - تعامل أليك برفق مع حنجرة سكاى بينما كان يعمل أخوه على شفتى الكلب. كان المذهل لأصدقائهما أن جاءت عدة "كلمات" مميزة بسيطة.

والآن فى بوسطن كان والد مابيل قد روض نفسه أيضاً على مباراة ابنته، وقرر مساعدة أليك حتى يستطيع دعم ابنته. بدأ يدفع مالاً لمساعد لأليك، وهو ميكانيكى شاب اسمه توم واطسون Tom Watson، ومعاً بدأ المفعمان بالأمل اللذان تجاوز عمر كل منهما العشرين بتجهيز صفيحة بحجم اليد من جلد ماعز مشدود. تمسك بها أمام فمك، وعندما تتدفق الكلمات خارجة من فمك، يتماوج جلد الماعز إلى الأمام وإلى الخلف فى نفس الوقت مع ذبذبات الصوت من حنجرتك - مثل البالونات التى كان يمسك بها الصغار تحت إشراف أليك، ومثل الجلد على حنجرة مابيل فى تلك الأيام المضطربة للتعليم منذ أشهر.

لابتكار هاتف يعمل، كان أليك فى حاجة إلى طريقة لتحويل الأنماط الناتجة عن الكلمات فى جلد الماعز المهتز إلى كهرباء. كان قد تعلم الكثير فى الأشهر المضجرة التى أمضاها فى العمل على تحسين الهاتف، وتذكر ملاحظة مهمة. لو أن الشحنات الكهربائية الخارجة من البطارية تدفقت إلى سلك، يمر تيار عبره بمعدل ثابت. لكن لو أنك ثنيت السلك أو جدلته، لا يمكن للتيار أن يتدفق بكل هذه السهولة، لقد رفعت من المقاومة داخل السلك.

جعل أليك جلد الماعز قريبًا من فمه ووضع سلكًا على الجانب الآخر منه، يلمس الورقة تقريبًا. كلما تكلم، فإن انبعاث الهواء من فمه يدفع جلد الماعز فى اتجاه السلك. وعندما لا يثنى السلك كثيرًا – تكون ذبذبات الهواء عندما نتحدث بالغة الصغر – لكن حتى التدفقات الأكثر ضآلة للتيار الكهربائى المتدفق داخل السلك، كانت كافية. تخيل جوانب السلك وقد بدأت فى الانثناء إلى الداخل، والشرارات الكهربائية أو السائل الذى تصوره يندفع داخله – لم يكن لديه أيضًا فكرة واضحة عن ما كان داخل السلك – تم عصرها بحيث لا يمر فيه سوى مقدار أقل. كانت المقاومة كبيرة، ثم، عندما توقف جاليفر العملاق فى الخارج عن الكلام، وانتهت هبة الريح العاتية والزلزال. استقام السلك وتسارع خلاله التدفق الكامل للتيار الكهربائى، وعاد انخفاض المقاومة.

كان هناك الكثير من التحسينات فى السنوات اللاحقة، لكن هذا من الناحية الأساسية هو كيفية عمل الهاتف[٨]. تتكلم فى ميكروفون الذى يشبه إلى حد ما حنجرة الإنسان أو صندوق الصوت. يهتز الميكروفون من تفجرات هواء صوتك غير المتساوية – باهتزاز سريع مع الأصوات العالية، لكن لا يكاد يهتز بالمرة فى حالات الصمت أو الهمهمات الهادئة. واهتزاز الميكروفون يجعل السلك يرسل تيارًا كهربائيًا يتموج عبر نسخة مطابقة لهذا النمط غير المتساوى.

عندما يصل التيار إلى المستقبل لدى المستمع، يحدث كل شىء بطريقة معكوسة. كل أنماط صوتك العالية والمنخفضة التى نتجت فى الميكروفون تصبح حينئذ فى جهاز الاستقبال. عندما تصل كمية كبيرة من التيار تصنع سطحًا – يكون مرنًا فى هذه الحالة – يهتز بسرعة، ويسمع المستمع صوتًا عاليًا واضحًا. إذا كان التيار الكهربائى

ضعيفًا، يهتز الغشاء فى المسماع ببطئ ويسمع المستمع همسة هادئة فقط. باختراع بل، حتى الهمسة يمكن حملها، غير مبهمة، خلال سلك يمتد آلاف الأقدام.

مع بعض التشجيعات من والدى مابيل القلقين، حصل أليك على براءة الاختراع، ثم أجرى تحسينًا على الاختراع، ثم تم الزواج بعد ذلك بوقت قصير، ولسعادة مابيل حصلت على زهرات الزنبق، كمية كبيرة منها. أعطى لها أليك لآلئًا، وقرط فضة على هيئة هاتف، و١٤٩٧ سهمًا فى شركة بل للهاتف - التى ستساوى، إذا احتفظت بها العائلة، عدة مليارات من الدولارات اليوم. بعد أقل من عام وُلد لهما طفل، واستمر زواجهما حتى نهاية حياتهما.

الفصل الثالث

توماس و ج. ج.

نيويورك، ١٨٧٨

كانت أعمال بل في سبعينيات القرن التاسع عشر بداية تدفق كبير لاكتشافات جديدة، لم يكن النقل المفاجئ لقنصل من الإمبراطورية الرومانية إلى أرض سبخة طينية لمستعمرة أمَريكية فى فورت ديربورن، فى عام ١٨٥٠ ميلادية - قبل قليل من أعمال بل - ليثير الدهشة بشكل خاص لما وجده. كانت هناك عربات تجرها الجياد وبيوت خشبية، وشموع أو مصابيح زيت لمواجهة الليل. والتلغرافات القليلة التى قد توجد فى المدن الكبيرة كان من النادر أن تغير نوعية الحياة اليومية. لكن لو كان هذا القنصل قد عاد بعد قليل خلال حياته، فى ١٩١٠، لكانت هذه المدينة الطينية قد تفجرت لتصبح مدينة شيكاغو - وبين السيارات والأضواء الكهربائية وأعمدة الهاتف، حيث كانت الشحنات الكهربائية القوية تظل تتدفق بسرعات هائلة، لكان القنصل مسافراً عبر الزمن قد أصابه الذهول تماماً.

بدأ هذا الجيل الثانى من التحولات بواسطة مخترعين أفراداً مثل بل. لكن مع نهاية سبعينيات القرن التاسع عشر، تم إنجاز عدد متزايد من الاكتشافات بواسطة مجموعات كبيرة من الباحثين، عملوا بأسلوب جديد لمختبرات الأبحاث الصناعية. هم الذين أنتجوا المولدات والترامات والمحركات ونظم الإضاءة التى أوجدت شيكاغو الحديثة وعواصم أخرى عظيمة حول العالم.

تطلب تشغيل مختبرات البحث الضخمة هذه، شخصيات مختلفة عن شخصية أليك بل الرقيق، كان على مديرى الأبحاث الجدد فهم الكهرباء، بالطبع، وكان

يجب أيضًا أن تكون لديهم الرغبة فى العمل فى مهمات.. وألا يقلقوا كثيرًا من طبيعة هذه المهمات.

كان توماس إديسون Thomas Edison الأكثر قوة بين رؤساء الأبحاث الصناعية الجديدة هؤلاء، وأحد أكبر نجاحاته ظهر فى ١٨٧٧ عندما قِبل وظيفة مهمة لسحق بل. كانت أكبر شركة تلغراف فى العالم، ويسترن يونيون، تراقب ما كان يفعله بل حتى قبل أن يكون نموذجه الأخير جاهزًا، حاولوا دفعه إلى ترك نموذج أولى ليلاً فى مركزهم الرئيسى فى نيويورك حتى يمكنهم "اختباره". كان بل رجلاً يثق فى الآخرين، لكن ليس إلى هذه الدرجة من الثقة: حافظ على النموذج الأولى سرًا فى غرفته الخاصة فى الفندق.

بمجرد حصوله على براءة الاختراع، كانت هناك حاجة إلى معايير مباشرة أكثر، لأنه من كان سيدع الهندسة العملاقة تبدأ؟ بالتأكيد ليس وليام أورتون William Orton، رئيس وسترن يونيون. كانت إستراتيجيته بسيطة إلى حد مربك تقريبًا. كانت أمريكا بعد الحرب الأهلية مكانًا للعنف؛ حيث كان يتم حل ضربات الحظ السعيد غالبًا بالمسدسات والديناميت، وكانت تتم سرقة براءات الاختراع: تم تدمير بيوت الاستثمار بواسطة شركات راسخة. ولم يكن من المثير للدهشة فى المجال التقنى، أن يبدأ النهابون فى الظهور، يمولهم عامة ممولون أثرياء. عندما يتعرفون على منتج كهربائى جديد، قد يحاولون العثور على مرتزق تقنى ماهر بما فيه الكفاية لإنتاج الجهاز نفسه باستخدام عملية مختلفة قليلاً. وقد يتم تدمير المخترع الأصلى: والشركة التى عدّلت النسخة – والمرتزق الذى أنتجها – يصبحان أثرياء.

لأن هاتف بل يهدد بأن يقلل من قيمة أعمال التلغراف بكاملها، كان على أورتون أن يذهب إلى التنفيذى الأكثر مهارة الذى يعرفه. كان هذا هو توماس إديسون الشاب، الرجل الذى كما وصفه أورتون بسعادة لصديق له، "لديه فراغ حيث يجب أن يكون ضميره".

كان إديسون فى سن بل تقريبًا، لكنه كان من خلفية مختلفة تمامًا. بدلاً من الدين وأعمام شغوفين، وتعليم فى أسكتلندا ولندن كما لدى بل، كان لإديسون والد قد

عاقبه ذات مرة في ميدان عام، وترك المدرسة في ميتشجان الحدودية عندما كان مجرد مراهق. كان قد دعم نفسه باعتباره مشغل تلغراف متجولاً لعدة سنوات، ينام في فنادق رخيصة ونزل عبر أمريكا. كان هذا أمراً بالغ الصعوبة بالنسبة لشخص في الخامسة عشرة، لكن إديسون كان أيضًا يتحمل الصعوبات. عندما رغب في سماع بيانو كما ينبغي، كان عليه الحصول على قطعة خشب، وينشب أسنانه فيها، ثم يدفع الخشب بقدر استطاعته على البيانو. ("لم أسمع طائرًا يغني منذ كنت في الثانية عشرة من العمر"، هكذا علق ذات مرة).

عندما تزوج، وهو شاب، انتهى به الأمر إلى سيدة ما أسرع ما وجد أنهما لا يشتركان في شيء ما تقريبًا، وعندما جرب أول اختراع قانوني له، آلة عد أصوات سريعة للهيئة التشريعية، تمت السخرية منه: الكل كانوا يعرفون في الخفاء أن المشرعين لا يرغبون في أن يتم عد أصواتهم بسرعة.

وقت وصوله إلى نيويورك كان مستاءً، وكان فقيراً، وكان متقد الذكاء - هو بالضبط الرجل الذي يمكنه الإقلال من قيمة عمل أي شخص آخر. في ذلك الوقت كان يمكنه إنقاذ نفسه لكن لم يكن هذا قد حدث بعد. كان هناك خلل في عمل بل، وقبل إديسون تكليف أورتون لمهاجمته.

كان تصميم بل يعتمد على إرسال ذبذبات من الصوت الإنساني إلى الميكروفون، لكي يبدأ التيار الكهربائي الذي يمكنه التدفق خلال السلك الممتد من هاتف إلى الهاتف التالي. لكن لجعل الإشارة تنتقل أكثر من بضع مئات من الياردات، كان عليك أن تصرخ، وقد تتلاشى الإشارة في الغالب أو تصبح بالغة الخفوت بحيث يمكن سماعها قبل أن تبتعد أكثر من بضعة أميال. فكر إديسون في الأمر وأدرك أن هناك طريقة لجعل الإشارة الكهربائية تتدفق وهي تنتقل إلى مسافة أبعد خلال الأسلاك(٩). حتى قبل أن يتنهد الشخص في الهاتف، تكون هناك بطارية مكرسة لضخ إشارة كهربائية قوية مستمرة خلال الأسلاك. عندما يبدأ المتكلم في الكلام، يكون هو نفسه قد قام فقط بتحسين إشارة البطارية القوية بالفعل، جاعلاً إياها أقوى قليلاً أو أضعف قليلاً. كانت النتيجة أن صوت المتكلم لا يخفت بسرعة عالية، ويمكن إرسال رسائل الهاتف عشرات الأميال.

ابتهج أورتون، ودفع لإديسون ما يساوى عدة ملايين دولارات بسعر اليوم. لكن بهجة أورتون لم تستمر طويلاً. تم استخدام محامين، وكانت هناك تسريبات إلى الصحف، وربما كانت هناك بعض التهديدات الهادئة لأورتون. انتهى الأمر ببل أن احتفظ ببراءات الاختراع الرئيسية للهاتف، رغم أن الويسترن يونيون حصلت على بعض الدخل من الميكروفون المحسن.

لم يكن أى من هذه الأمور يهم إديسون وفريقه، حيث إن تقييد إديسون بوصفه منتهكًا لبراءة اختراع قاده إلى مزيد من التفكير حول طريقة بل فى استخدام مقاومة فى سلك لتحسين انتقال التيار الكهربائي. أدرك أن أجهزة أخرى يمكنها استخدام نفس التحول. وبالفعل، كتب ج. بيربونت مورجان J. Pierpont Morgan، فى ٣٠ أكتوبر ١٨٧٨، إلى ممثله فى باريس:

"انشغلت كثيرًا لعدة أيام مضت بأمر من المرجح أن يحسن ما هو أكثر أهمية لنا جميعًا.. السرية الآن أساسية تمامًا بحيث لا أجرؤ على الكتابة عن ذلك على ورقة، الموضوع هو الضوء الكهربائى لإديسون...".

أحب إديسون التظاهر أمام أصدقائه وفى زيارة رجال الصحافة بأنه كان مجرد رجل بسيط ليس لديه أية اهتمامات أكثر من الربط بين بضعة أجهزة عملية. لكن هذا لم يكن صحيحًا، عندما يكون الشخص بذكاء كافٍ لكى ينسخ أو يحسن اختراعًا مهمًا، كما فعل إديسون مع هاتف بل، يكون من الذكاء الكافى عادة لكى يرغب فى الحصول على تبصرات مهمة تخصه. حاول إديسون قراءة كتابات نيوتن وهو صغير السن، رغب فى القيام بمشاركة مبتكرة فى عالم الكهرباءِ الجديد هذا، حيث سمحت له مهاراته التقنية بأن يصبح ثريًا. لعل مصباحًا كهربائيًا ذا كفاءة يكون بداية جيدة.

كان الباحثون يحلمون منذ عقود بصناعة ضوء اصطناعى عملى، لكنَّ أحدًا لم يقترب من النجاح. كان أى شخص قد راقب فرن حديد الزهر يجد أن المعدن الساخن يتوهج فى البداية باللون الأحمر، ثم اللون البرتقالى، وأخيرًا قد يتوهج حتى باللون الأبيض، ولو تم توصيل قطعة معدن ببطارية وتسخينها إلى هذه الدرجة العالية، قد تنتج ضوءًا. لكن كيف يمكن جعل المعدن المتوهج يستمر مدة طويلة كافية لكى يكون مفيدًا؟

هذا ما لم يستطع أحد معالجته. كان عالم الميكرو مفهومًا بدرجة ضئيلة بحيث كان من الصعب التحكم فى قفز الطاقة الكهربائية عندما يتم استخراجها. مبكرًا فى ١٨٧٢، كان الروسى ألكسندر لوديجين Aleksandr Lodygin قد وضع مئتى مصباح كهربائى حول أدميرالية الترسانات البحرية فى سانت بطرسبورج، لكن عندما قام بتشغيلها، احترقت بقوة حتى إن الأسلاك المعدنية الرقيقة انصهرت فى بضع ساعات.

رغم ذلك، لم تتلاش فتنة الضوء الكهربائى، حيث إن الإضاءة بالنفط أو الغاز البديل الأفضل كانت لها مشاكل خاصة بها. كان قد تم إهلاك جماعات ضخمة من الحيتان فى بداية القرن التاسع عشر للحصول على زيت نظيف نسبيًا من أجل المصابيح. عندما أصبح ذلك مرتفع التكاليف إلى حد كبير، تم استخدام الكيروسين والزيوت الأثقل، والتى كانت تنتج، مع ذلك، دخانًا وروائح، وحرائق عندما كانت المصابيح تقع. كان الغاز الطبيعى أفضل قليلاً، لكنه كان مرتفع الثمن ومن الصعب نقله بالأنابيب عبر مسافة طويلة، وكان على مستخدميه الاستمرار فى ضبط حارقات المصباح لديهم لمنع تراكم تدفقات السناج.

كان أول معدن أخذه إديسون بعين الاعتبار من أجل أضوائه الكهربائية هو البلاتين، حيث إن له نقاط انصهار أعلى من أى معدن معروف. لكنه أيضًا أحد أعلى المعادن المعروفة سعرًا، ثم انتقل بعد ذلك بقليل إلى معادن أقل سعرًا، عندما فكر فى وقت ما أنه قد ينجح مع أسلاك النيكل الساخنة. لم تنفجر هذه المعادن إلى توهجات كما كان الأمر مع الكثير من تجاربه السابقة، ولا حتى عندما كانت تتوهج فحسب، كان الضوء بالغ القوة: "تبعًا للقوة الهائلة للضوء"، دون فى مذكراته، ".. كنت أعانى من آلام الجحيم مع عينى فى الليلة الماضية من الساعة العاشرة بعد الظهر حتى الرابعة قبل الظهر... وذهبت إلى النوم بجرعة مورفين".

فى نهاية الأمر تدبر أمر صناعة مصابيح سلك نيكل دون التحديق فيها، لكنها ظلت تحترق بسرعة كبيرة. يتذكر زميل أحد أول عروضه، لمراهنى وول ستريت: "اليوم يمكننى أن أرى هذه المصابيح [بسلك النيكل] تعلو حتى اللون الأحمر الفاتح، مثل اليراعات، وأسمع السيد إديسون وهو يقول "بعض المزيد من الإثارة"، وتبدأ المصابيح

فى التوهج... ثم... يكون هناك انفجار عنيف وصوت صفير، ثم تصبح ورشة الآلة فى إظلام تام".

المهارة الأولى التى استخدمها إديسون لمنع الأسلاك الرقيقة من الاحتراق كانت منع أى أكسجين من الدخول إليها. هذا يعنى إحاطتها بفراغات ضئيلة. اشترى مضخات يمكنها سحب الهواء إلى خارج الحاويات الزجاجية، واستأجر آلة نفخ زجاج علوية، وقام بتحسين المضخات، وقبل ذلك بوقت طويل جداً، هناك فى مختبره الريف فى نيوجيرسى، كان فريقه قد ابتكر حاويات زجاجية صغيرة على هيئة تذكر المشاهدين ببصلة نبات التوليب - مصابيح الضوء" لدينا - يكون داخلها هواء أقل مما يوجد على قمة جبل إفرست، أو حتى على ارتفاع عدة مئات من الأميال فوق الأرض. وفى أواخر ١٨٧٩ كان لديه مصابيح زجاجية صغيرة داخلها جزء من مليون من الهواء الموجود فى الجو العادى.

وظلت لا تعمل بنجاح، أى سلك معدنى رقيق كان إديسون يضعه فى وسط أحد هذه المصابيح كانت حرارته ترتفع إلى درجة كبيرة حتى إنه يحترق أو ينصهر أو يتحطم أو - رغم انخفاض ضغط الهواء فى المصابيح - يصبح حاراً جداً حتى يتوقف عن العمل. أدرك أنه كان عليه تجربة شىء غير المعدن.

لبعض الوقت وضع إديسون شرائط من الورق المتفحم بين إلكترودين لمعرفة مدى جودة توهجها، وجرب أيضاً قطع فلين، ثم بعد ذلك خيوط قطن. بدا القطن واعداً بشكل خاص، ولوقت طويل احتفل به بصفته نجاحه الكبير. لكن هذا فشل أيضاً فى نهاية الأمر، وفى سخط جرب قطع ورق تحت ميكروسكوبه، ولم يجد سوى أنه لا يستطيع تكبيرها بما يكفى لرؤية الشرارات الكهربائية التى تخيل أنها تجرى فيها. كل ما توصل إليه هو الاعتقاد بأن أى جسيمات كهربائية تتدفق قد تتصادم وتصفع داخل أحد أسلاكه الرقيقة، وتضرب بشدة كبيرة حتى إن السلك أو الخيط يصبح ساخناً - تماماً مثل احتكاك فرك يديك معاً بسرعة مما يجعل راحتى يديك تسخنان. قرر البحث عن سلك رقيق أكثر نعومة.

"أعتقد" قال لعماله، في سخط تقريبًا، "أنه في مكان ما من ورشة الإله القدير يوجد نبات ينمو بألياف متوازية هندسيًا مناسبة لاستخدامنا لها. ابحثوا عنه".

وهذا ما فعله فريقه. كان لديه مال أكثر من أي من المخترعين الآخرين العاملين في الكهرباء – تلك التمويلات التي لا حدود لها من أنصاره في نيويورك – والأكثر أهمية، أنه كان لديه العاملون المتحفزون أكثر من غيرهم. عرف إديسون أن دافعه أتى من كونه فقيرًا، وكان يستخدم عمومًا آخرين يشبهونه: كان هناك تقنيون مشاكسون متجولون جعلوه على معرفة بما يحدث في الحرب الأهلية، وكان هناك أحد أبناء الحي الشرقي الأقصى اللامعين في لندن، صامويل إنسال Samuel Insull، وآخرون كثيرون. كان الفريق قد طور خبرة في الأسلاك الرقيقة ومضخات الهواء، وكانوا يجمعون حينئذ كتبًا تعليمية عن الألياف النباتية. خلال التفتيش في الكتب التي لم تكن قد قدمت الإجابة بعد، بدأوا في السفر: أحد العمال إلى كوبا، وآخر إلى البرازيل، وثالث إلى الصين وتوجه آخرون إلى الشرق. وهناك، في وسط جنوب اليابان، وجدوا نبات الخيزران في ماداك .Madake كان فيه ألياف أفضل إلى حد كبير لاحتياجات إديسون مقارنة بالبلاتين، أو النيكل، أو حتى القطن الذي يذبل إلى حد كبير بالحرارة الشديدة، حيث كان هو الأفضل حتى ذلك الحين.

عندما ضم رجال إديسون جدائل خيزران ماداك إلى أسلاك من معادن البطارية وقاموا بتشغيل البطارية بحيث تدفقت شحنات قوية من الإلكترونات خارجة، جاء توهج خافت من الخيزران. وعندما وضعوا مصباحًا زجاجيًا حول الخيزران وسحبوا الهواء منه، أصبحت جديلة الخيزران أكثر سطوعًا، وتوهجت ثم توهجت وتوهجت. استمرت مصابيح البلاتين في روسيا اثني عشر ساعة في أفضل الأحوال، ووصلت جهود جوزيف سوان وآخرين في إنجلترا التي تمت في نفس وقت تجارب إديسون تقريبًا، إلى بضع عشرات من الساعات. لكن الخيزران الياباني، الذي توهج في مصابيحه محكمة الإغلاق ضد الهواء، والتي كانت معزولة كما لو كانت في فراغ الفضاء الخارجي، استمرت أكثر من ١٥٠٠ ساعة.

لجعل اختراعه عمليًا حقًا، كان على إديسون ورجاله ابتكار اختراعات متعددة متعلقة بالموضوع. أول حافز لهم، كما كان الأمر باستمرار، السرقة من براءات اختراع

أخرى. لكنهم كانوا يخاطرون فى أرض جديدة تمامًا، حيث لم يكن من الممكن دائمًا نسخ عمل الآخرين ببساطة. كان يجب ملائمة المصابيح الكهربائية بسهولة فى مقابس، على سبيل المثال، ولم يكن هناك بعد من وجد نفسه فى حاجة لفعل ذلك، لذلك توصل الفريق إلى طريقة مبتكرة لتحسين براغى إغلاق أوعية الكيروسين (التى منها المصابيح ذات الغطاء اللولبى الموجودة لدينا الآن). ضموا مصابيح الفراغ بإحكام بالغ إلى برغى بحيث لا يمكن للهواء أن يتسرب داخلها ويجعل السلك الرقيق المتوهج يحترق بسرعة كبيرة.

ظلت هناك حاجة لمزيد من الاختراعات. احتاجوا إلى نظام آلى لقياس الكهرباء التى كان يتم استخدامها (حيث يمكنهم عندئذ تقديم فاتورة عنها)، وكان لا بد من طرق متطورة لسحب الهواء من المصابيح، وبعد وقت قصير كان لدى إديسون وفريقه أسس أكثر بكثير لتغطية هذا الأمر، دون تحقيقه، وكان عليهم تقريبًا التوقف عن نسخ براءات الاختراع. الهاتف الواحد يمكن اختراعه بواسطة فرد واحد، لكن شبكة إديسون لتوليد الطاقة تطلبت عشرات من التطويرات المتزامنة لمفاتيح التشغيل، والقوابس المنصهرة، وخطوط الطاقة، والعوازل تحت الأرض، وما يشبهها، لم يعد إديسون يغش، لقد كان مبتكرًا.

وصل تدفق الاختراع هذا فى أواخر سبعينيات القرن التاسع عشر إلى ما هو أبعد من تطوير تلغراف قبل ذلك بنصف قرن. بدا التلغراف قويًا بلا حدود، وغيرت طقطقاته غير الشائقة العادات فى مجال الأعمال، والأسواق المالية، وجمع الأخبار، والمؤسسات السياسية حول الكرة الأرضية. نقل المعلومات بشكل أسرع أحدث تقلصًا فى الكرة الأرضية، تمامًا مثل تقلص الليل بواسطة المصابيح الكهربائية.

لكن لا يهم كيفية انتقال إشارات التلغراف، الشىء الوحيد الذى "تولد" فى الطرف الآخر من السلك كان ببساطة صوت طقطقة. كان فى استطاعة المهندسين الفكتوريين جعل الأشياء الضخمة تتحرك، كما هو الحال بواسطة القاطرات، وكباسات المصانع، لكن هذا كان يعتمد على الآلات البخارية الضخمة التى تقعقع. والآن، فى العقود الأخيرة للقرن التاسع عشر، ابتكروا طريقة بعد الأخرى لدفع الجسيمات الكهربائية

المشحونة إلى الأجهزة الجديدة، واستخدام هذه الطاقة لجعلها تتحرك بطريق جديدة وبسيطة.

كان أكثر هذه الابتكارات قوة هو المحرك الكهربائى، كانت هناك محركات صغيرة تشبه اللعبة هنا وهناك منذ عدة عقود، ولكن، كما هو الحال مع الهاتف، جعلها إديسون وفريقه – ومعهم آخرون كثيرون – أفضل بكثير.

لمعرفة ما يحدث داخل المحرك، تخيل وجه ساعة بيد طويلة بالغة الصغر واحدة فقط، تشير مباشرة إلى الساعة الثانية عشر. ترغب هذه اليد فى أن تظل ساكنة، لكن شخص ما ضغط مغناطيسًا كهربائيًا صغيراً على وجه الساعة، وبهدوء ثقب فى السطح مباشرة حيث يجب أن تشير الساعة إلى الثالثة.

عند تشغيل المغناطيس الكهربائى، لم يكن أمام اليد المعدنية بالغة الصغر فرصة سوى بدء الدوران فى اتجاه عقارب الساعة، حيث إنها منجذبة نحو المغناطيس الذى يجذبها. لو استمر المغناطيس موجوداً، سوف تتوقف اليد بالغة الصغر عند الساعة الثالثة، ممسوكة بارتعاش فى موقعها بواسطة جذب المغناطيس.

أو تخيل أنه قبل أن تصل اليد بالغة الصغر إلى الثالثة، فصل معذب ما المغناطيس وقام بتشغيل مغناطيس كهربائى آخر عند وضع الساعة التاسعة، سوف تئز اليد المعدنية متخطية وضع الساعة الثالثة بدفع انحرافى، وعندئذ، بدلاً عن التباطؤ حتى التوقف، سوف تبدأ فى الشعور بجذب من المغناطيس عند وضع الساعة التاسعة.

لو أنها توقفت هناك، سوف تصل اليد المراوغة بالغة الصغر إلى الساعة التاسعة، وتتوقف فى النهاية. ولكن لا، تخيل أنها قبل قليل من وصولها إلى الجهة المقصودة، تم إيقاف مغناطيس الساعة التاسعة. سوف تمر بسرعة متخطية هذا الوضع، ويتم تشغيل مغناطيس الساعة الثالثة بسرعة، فتتكرر كل حركة الدوران السخيفة هذه. تشبه اليد بالغة الصغر سباق كلاب السلوقى للصيد وهى تطارد أرانب مقلدة، تكون بعيدة عن متناولها باستمرار.

هذا محرك كهربائى، (يمكنك غالبًا سماع هذه الآلية داخل محرك يعمل، حيث إنه لو كان هناك ثلاثة مغناطيسات كهربائية أو اثنان، كل منها يدور حول محور ليعمل

ويتوقف ١١٠ مرة فى الثانية، سوف يكون هناك ٢٢٠ حركة دوران سريعة منفصلة. يولد ذلك طنينًا ليس بعيدًا عن النوتة دو الموسيقية المتوسطة). للحصول على طاقة منه، عليك فقط القبض على الجزء الذى يدور حول المحور. بالعودة إلى مثالنا الخيالى، لو أنك علقت خيطًا من اليد بالغة الصغر لهذه الساعة العجيبة، سوف تجذب هذه المغناطيسات الكهربائية اليد بالغة الصغر عبر دائرة بقوة كافية فقط لسحب سلة مجدولة فى حجم لعبة تتدلى من خيط. مع ذلك، لو أنك رفعت من حجم الجهاز، كما فعل إديسون وآخرون، بحيث تعطى المغناطيسات الكهربائية العملاقة طاقة عند وضعى الساعة الثالثة والتاسعة فى المحرك، يكون القضيب المعدنى الذى تم سحبه فى دائرة من القوة بحيث يجر طنًا أو أكثر لمصعد من خلال عمود فى مبنى مرتفع.

كان هذا مهمًا لناطحات السحاب. كانت العوارض المعدنية القوية ضرورية أيضًا، لكن لعل الحماس كان ضئيلاً للمبانى العالية لو كان على المستخدمين الصعود إلى أعلى عدة عشرات من درجات السلالم. بواسطة المصعد الكهربائى، لم يكن على أى أحد فعل ذلك. أصبحت أسعار الأرض مرتفعة فى وسط نيويورك وشيكاغو، فأصبح من المعقول البناء عموديًا. وبعد وقت قصير أصبحت خطوط أفق هاتين المدينتين ثم غيرها معاقة بتلك المبانى العالية التى تتبع النظم الكهربائية. والشحنات الكهربائية التى كانت موجودة منذ مليارات السنوات تمت معالجتها لرفع العاملين فى المكاتب الفكتورية بواسطة قضبان المصعد الضيقة هذه.

لو أن المحركات الكهربائية كانت أصغر قليلاً بقضيب معدنى دوار طوله قدم أو ما يقرب من ذلك، لتمت صناعة العجلات الدوارة لوسائل النقل العامة. أنتج هذا تغيرًا بالغ الأهمية، لأن المزيد والمزيد من الناس لم يعد عليهم العيش على بعد مسافة من مصانعهم ومكاتبهم يمكن قطعها سيرًا. عدد صغير من الأفراد الأثرياء الذين كان فى استطاعتهم تحمل تكاليف الجياد والعربات كانوا يعيشون بالفعل مثل هذه الحياة، وجعلت القاطرات العاملة بالبخار من الممكن وجود بعض الرحلات الجماعية. والآن حتى المزيد من الناس يمكنهم فعل ذلك، ظهرت إلى الوجود ضواحى ممتدة إلى مسافات بعيدة، مزدهرة عبر خطوط النقل العام الجديدة.

فعلت المحركات الكهربائية ما هو أكثر من ذلك. شركات النقل العام التى أنشأت محطات توليد طاقة ضخمة لتشغيل سياراتها وجدت أنه بعد السابعة مساء، عندما يكون العمال فى بيوتهم، كان هناك استخدام قليل لمنتجاتها. ما الذى يمكنهم فعله بهذه الإمكانية التى يمكن الاستغناء عنها؟ كان أحد الحلول ابتكار حديقة ملاهى حديثة. ساهمت الكهرباء فى تشغيل السكك الحديدية المرتفعة فى الملاهى وأضاءت صفوف القناطر بشكل ساطع، تلك التى ظهرت فى أطراف المدن فى كل أمريكا وفى أجزاء من أوروبا الغربية. مع ١٩٠١، كانت أكبر المدن فى الولايات المتحدة الأمريكية قد أصبح لديها حدائق الملاهى هذه، تقوم بتشغيلها وتمتلكها شركات النقل العام الكهربائى المحلية.

كان هناك الكثير من الاختلاط فى حدائق الملاهى، وكان غالبًا من النوع الذى لا يرغب فيه الجيل الأكبر سنًا. قبل السفر الرخيص إلى هذه الحدائق، كان الأطفال الفقراء والمهاجرون يشاركون فى النشاط الاجتماعى فى المناطق المجاورة لمناطقهم التى يعيشون فيها. كان من السهل بالنسبة للأمهات والآباء والجيران مراقبتهم. لكن عندما استطاع الصغار الذهاب إلى هذه الحدائق الجديدة ومقابلة أى شخص تقريبًا، انتهت هذه المراقبة. كان هناك أحيانًا صراع ونزاعات عندما تتصادم الفرق المختلفة، ومع ذلك كان هناك غالبًا مغازلات، وتقبيل مختلس، وبشكل متزايد زيجات تخطت الحدود التقليدية.

تغيرت الصناعة، لأن مكان إنتاج الطاقة قد يكون بعيدًا عن مكان استخدامها. كانت عربات السكة الكبلية فى سان فرانسيكو من بين أول أجهزة النقل التى تعتمد على هذا المبدأ، حيث إن رفع محرك حديدى ثقيل فوق تلال سان فرانسيسكو وأسفلها كان بالغ الصعوبة حتى بالنسبة لمحركات البخار. المصانع التى كانت تعمل بالكهرباء أصبح من الممكن لها الآن استخدام نفس التقنيات. لم يكن على العمال أن يحتشدوا حول الأدوات وأن يجلسوا بالقرب من المحرك البخارى أو ذلك الذى يتم تشغيله بحزام بكرة طويل وحيد. لم يكن من الضرورى حتى أن يكون هناك محرك بخارى ولوازمه الثقيلة من الفحم على الأرض والمبانى التابعة لها. تمامًا مثل العربات الكبلية فى سان

فرانسيسكو، يمكن إنتاج الطاقة على بعد عشرات أو مئات الأميال ثم نقلها . توسعت المدن الصناعية لدرجة لم تكن هناك شلالات مياه أو فحم.

كانت الثورة فى كل مكان، حتى فى البيت. لأول مرة فى التاريخ، لم يعد الجلوكوز المخزن فى نسيج الإنسان هو مصدر الطاقة الوحيد المتاح لتشغيل الأنشطة المنزلية المملة مثل حمل الأشياء والتنظيف والغسيل. قامت المحركات الكهربائية الصغيرة بالكثير من هذه المهام.

غيّر ذلك العلاقات التي بدت مغلقة منذ زمن سحيق. عندما كان الخدم على ركبهم يضربون الغسيل المنقوع بعنف، أو يصعدون بتثاقل أو يهبطون على السلالم بدلو ينسكب منه ما يحمله، بدوا مختلفين تماماً عن الشخص الذى لديه وقت حر للحديث أو القراءة حتى إنه من السهل تصور أن الخادم لا "يستحق" التصويت. (خلال إنهاكهم، يمكن للخدم أن يشعروا أيضًا بأن المطالبة بحق التصويت أمر بالغ الضخامة أيضا). لكن مع المضخات والمحركات الكهربائية لتشغيل ماكينات الغسيل، وبعد ذلك مع المبردات الكهربائية وآلات الحياكة والمزيد من ذلك، أصبح هناك عمل أقل للخدم، ومعه ذل أقل: بدا التصويت لرجال الطبقة العاملة – ثم وياللهرطقة التامة، التصويت للنساء – أمر ممكن.

لعله كان على إديسون أن يكون سعيداً، لأنه وفرق البحث والتطوير التى كان يقودها لعبوا دوراً مهماً تقريباً فى كل هذه الاختراعات التقنية. رغم أنه اشتكى قليلاً مع تقدمه فى العمر، كان يحب الأجهزة وقبل أغلب هذه التغيرات الاجتماعية. لكنه لم يكن راضيًا بعد. استمر منكبًا على العلم الأساسى بطريقة لم يتبعها سوى قلة من زملائه المهندسين.

كان من المتوقع أن يكون أعظم اختصاصى كهرباء فى عصره، ومع ذلك لم يكن قد عرف حتى ما الذى يحدث داخل سلك كهربائي. فى معظم الوقت، عندما كان الصحافيون يطلبون منه محاولة شرح الكيفية الفعلية لعمل هذه الاختراعات العظيمة، كان إديسون يكتفى بالضحك فى مواجهتهم. كان قد قال بأن هذه الأمور من شأن مخيلة البروفيسورات العمل عليها، وأن مدة طويلة قد تمر بعد موته قبل أن يحدث

ذلك. ومع ذلك، حدث ذات مرة أن قدم إديسون تلميحًا. فى ١٨٨٣ لاحظ ظهور بقع سوداء أحيانًا داخل مصباح أو آخر من تلك التى كان يختبرها. كان هذا غريبًا، لأن الزجاج كان دائمًا خاليًا من البقع عندما يكون قد تم إغلاقه بإحكام حول السلك الرقيق. لا يمكن أن تكون علامة النقطة خدشًا (لم يكن السلك الرقيق يلمس الزجاج قط)، ولا يمكن أن تكون غبارًا أو سناجًا (كان من النادر وجود هواء داخل المصباح لكى يحمل الغبار).

كان إديسون محتارًا تجاه هذه النقاط. هل هناك شىء ما يطير خارجًا من السلك الرقيق تنتج عنه علامة النقطة؟ كان يرغب فى استكشاف المزيد، لكنَّ مساعديه تراجعوا. لو أن الأمر يتعلق باختراع عملى فإنهم كانوا يعملون أى عدد من الساعات لمساعدة الرجل المسن. ولكن علامات النقاط السوداء؟ حاول إديسون الاستمرار فى التحقيق بنفسه، لكن الأمر كان صعبًا دون دعم، وفى بضعة أشهر توقف عن ذلك. "كنت أعمل على الكثير من الأمور فى ذلك الوقت"، قال ذات مرة، بعد عدة سنوات، "بذلك لم يكن لدى وقت لعمل المزيد فى ذلك المجال"(١٠).

كان هذا خطأ حياته. فى السنوات العشر التالية بدأ الكثير من الباحثين البحث فى هذا الأمر والنتائج المماثلة. الأكثر إصرارًا كان رجلاً أصغر ببضع سنوات فقط من إديسون، هو جوزيف جون طومسون Joseph John Thomson، الذى كان يعمل فى إنجلترا فى ثمانينيات وتسعينيات القرن التاسع عشر فى جامعة كمبردج نفسها حيث عمل نيوتن.

كان طومسون هو المرجح أكثر من غيره لإنجاز البطولات التجريبية، حيث إنه وأصدقاءه - الذين كانوا يسمونه ج. ج. - كانوا ينتفضون إجفالاً أمام المصاعب التى واجهها وهو يصنع بالفعل أجهزة التجارب التى كان يستطيع تصميمها بسهولة. (يمكن التعرف عليه بسهولة فى صورة رسمية لمختبر كافنديش من ذلك الزمن: يبتسم فى ضعف من خلف نظارات سميكة، وهو الوحيد بربطة عنقه المائلة). لكنه تدبر أمر صناعة أنواع مكبرة من مصابيح إديسون الكهربائية، واستخدم المغناطيسات للوصول بشكل مرئى إلى الداخل و"توجيه" أى شىء كان يطير من الأسلاك الرقيقة، ثم قام بوزن الجسيمات الطائرة.

هذه هى كيفية اكتشافه للإلكترون. لم تكن الذرات كرات صغيرة صلبة. بالأحرى كان يمكن انتزاع أجزاء منها. يمكن لهذه الأجزاء بالغة الصغر المنتزعة أن ترتد وتنزلق إلى الأمام، مثل كرات أصغر، خلال أية قناة مفتوحة تقع أمامها.

إنها هى تلك القطع بالغة الصغر المنتزعة - الإلكترونات - هى التى، كما رأينا، تتحرك إلى الأمام داخل السلك، لتقوم بتوليد تيار كهربائى، هى التى تفعل ذلك.

كان ج. ج. المتلعثم تمامًا قد تدبر الأمر لتفسير ما كان نيوتون وكثيرون آخرون قد خمنوه فقط، بدا الأمر بالغ السهولة! العالم مصنوع من شحنات كهربائية قوية، تكون فى الخفاء عادة، لكن يمكننا جعلها تتناثر. الذى يتدفق من المعادن فى البطاريات، كما بدا لـ ج. ج. وزملائه، كانت مجرد جمهرة مصغرة من هذه الإلكترونات، انطلقت بعد دهور لا تعد ولا تحصى من الحبس فى الداخل.

عندما اندفعت هذه الإلكترونات الهاربة واصطدمت داخل السلك الرقيق للمصباح الكهربائى، فإن تصادماتها جعلت السلك الرقيق من السخونة بحيث يتوهج. حتى البقعة السوداء التى كان إديسون قد رآها ناتجة ببساطة عن إلكترونات، كانت قد انطلقت من الأسلاك الرقيقة فى مصابيحه الكهربائية، وتراكم تصادمها أحدث حفرًا فى الزجاج.

بدا أن رحلة البحث الذى استغرق قرنًا لمعرفة ما كان يحدث داخل سلك كهربائى قد انتهت. وحصل ج. ج. طومسون، وليس إديسون، على جائزة نوبل، وأُعلن أنه الرجل الذى أوضح كيفية عمل الكهرباء الفكتورية بالفعل.

لكن كان هناك خلل كبير واحد.

هل كان من الصحيح حقًا أن الأجهزة الكهربائية تعمل فقط بواسطة إلكترونات تنتقل عبرها؟ لو أن الأمر كذلك، عندئذ عندما يتكلم شخص فى نيويورك فى هاتف إلى شخص فى بوسطن، فإنهما يدفعان الإلكترونات من هاتف فى نيويورك عبر كبل معدنى حتى تظهر الإلكترونات على نحو مفاجئ خارجة من هاتف الاستقبال فى بوسطن، لكن لا معنى لهذا، لو أن ساكن نيويورك تكلم منذ وقت بعيد، دون ترك فرصة للشخص

الآخر فى مقاطعته، هل تبدأ البقع السوداء الضخمة فى التراكم فى بوسطن، باعتبارها كتلة ضخمة من الإلكترونات بدأت تتكدس؟ هذا لا يحدث قط، بشكل ما لم يكن التفسير كاملاً.

لا بد أن هناك شيئًا آخر فى الكون - قوة غير مرئية تتحكم فى طريقة حركة الإلكترونات، قوة يمكنها أداء المعجزة الظاهرية التى تجعل هذه الإلكترونات تنتقل دون التكدس فى الطرف الآخر البعيد، لكن ما هذه القوة؟

كان إديسون مقتنعًا بأن هذه القوة غير المرئية موجودة، بل إنه حاول ذات مرة أن يتحكم فيها. فى تكتم كامل كان قد صنع بندولاً صغيرًا، وربط سلكًا من البندول إلى جبهته، ثم حاول باستخدام الطاقة الصرفة للتفكير أن يحرك البندول. لم يحدث شيء، وشبه مرتبك وشبه حائر، أوقف التجربة، قابلاً بأنه لن يكون الشخص الذى سيكتشف هذه القوة.

فى الواقع كانت هناك مجموعة كاملة من المحققين، يحاولون التعرف على وفهم هذه القوى الإضافية للكهرباء. عملوا على ذلك كثيرًا من السنوات، لكن عملهم كان نظريًا إلى حد كبير حتى إن غالبية المخترعين العمليين فى القرن التاسع عشر تجاهلوه. اعتقد هؤلاء المحققون أن كل البشرية محاطة بشبكة قوية من مجالات قوة غامضة. تبعًا لهم، كان الناس يسيرون خلال هذه المجالات لعدة آلاف السنوات - فى بلاد ما بين النهرين وفى مصر، وفى الصين والأنديز - لكن لأن هذه المجالات غير مرئية، لم يلاحظ أحد قط أنها موجودة. التلميحات الوحيدة لوجودها كانت "أخطاء" الطبيعة، مثل الشرارات الناتجة عن الكهرباء الإستاتيكية أو وميض البرق[١١].

عرف إديسون بشكل غامض عن أولئك الباحثين الذين يعتنقون هذه المعتقدات، وعرف أيضًا أن شيئًا مهمًا بالنسبة لهم حدث فى مشروع هندسى غريب فى الأعماق أسفل المحيط الأطلسى فى ستينيات القرن التاسع عشر، بينما إديسون كان لايزال طفلاً. وعرف أيضًا أنه حتى قبل هذا المشروع الهندسى، كان هناك عالم إنجليزى عظيم، هو مايكل فراداى Michael Faraday، كان قد تنبأ بوجود مجالات القوة غير المرئية هذه.

عندما كان إديسون شاباً، حاول قراءة عدة كتب لفاراداى، لكنه كان حينئذ مشغولاً جداً بالمصابيح الكهربائية والمولدات والمحركات الكهربائية - والآن أصبح لديه قوة عاملة ضخمة عليه الإشراف عليها، وثروة شخصية كبيرة لاستثمارها - وكان الوضع أكثر صعوبة فى الحصول على وقت لمثل هذه القراءات الصعبة. كان يحاول أحيانًا فقط تصور الماكينات الجديدة القوية التى يمكن لهذه القوة غير المرئية أن تنتجها لو أمكن السيطرة عليها فى أى وقت.

ظن إديسون وبل والمخترعون الفكتوريون العمليون الآخرون أنهم توصلوا إلى أعماق قلب الأشياء، عندما كشفوا عن القوة القديمة للإلكترونات، لكنهم كانوا قد خدشوا السطح فقط، وتحته كان هناك المزيد.

الجزء الثانى

موجات

المعادن التى هربت من النجوم المتفجرة القديمة كان لها قوة ضخمة عندما سقطت على الأرض. حول كل من الإلكترونات المختبئة داخلها، كان هناك مجال قوة غير مرئى يمتد إلى الخارج.

فى الظروف العادية كان من المستحيل رصد هذا المجال، لكن المجال غير المرئى كان فى الغالب أكثر قوة من المجال العادى عندما بزغ فى الحديد. وكان الكثير من الحديد القديم قد تسرب عميقًا فى أعماق الكوكب، ومع دوران الكوكب بسرعة، دار الحديد أيضًا بسرعة.

من هذا الدوران، نتج مجال القوة المغناطيسية المحيط بالكوكب.

انتشر من الأرض، ورغم أنه لم يكن ملحوظًا من قبل كل الوجود الإنسانى تقريبًا، فى وقت ما بدأ الصينيون التقليديون رصده. استخدموا بعضًا من قوته لتوجيه إبر البوصلة الرقيقة الدوارة من أجل الملاحة.

كان أغلب سكان الأرض شديدى الفقر، وكان أغلب المفكرين دوجماتيين، بحيث لم يتمكنوا من الخطو أبعد من ذلك بمساعدة التلميح الذى وفرته هذه المجالات المغناطيسية ذات النفوذ. ولكن حدث عندئذ، فى القرن الثالث عشر فى الزمن المحمدى (التقويم الإسلامى - المترجم)، وفى القرن الرابع والعشرين منذ بعثة بوذا، والقرن السادس والخمسين من التقويم اليهودى - بعبارة أخرى، فى القرن التاسع عشر من العصر المسيحى - أن تغير ذلك من الناحية الأساسية.

الفصل الرابع

رب فاراداى

لندن، ١٨٣١

كان مايكل فاراداى - الرجل الذى أنجز أغلب العمل لكشف مجالات هذه القوة غير المرئية - ذا شعر متجعد، لندنيًا من الطبقة العاملة وُلد فى ١٧٩١، بعد أكثر من قرن من اكتشاف الإلكترون. كان يمتلئ حيوية كمراهق، يزعج أصدقاءه بالإجابات السريعة البارعة والمباريات عندما يتسابقون فى شوارع لندن، وقد أجاب ذات مرة على خطاب من صديقه بنيامين أبوت Benjamin Abbott:

-لا - لا -لا -لا - لا شيء - صحيح - ليست هناك فلسفة لم تمت بعد - لا - لا - أحد - يعرفها - أشكرك - من المستحيل - برافو.

فى الأسطر السابقة، عزيزى أبوت، لديك إجابة كاملة وواضحة عن أول صفحة لك يعود تاريخها إلى ٢٨ سبتمبر.

حتى عندما تدبر بالحيلة طريقه فى العمل مساعد مختبر فى المعهد الملكى المهيب فى ١٨١٣، احتفظ بنفس الدعابة، وفى أمسية جديرة بأن تذكر خاتل أبوت بحيث استطاع أخذ عينة من الأكسيد النترى - غاز الضحك - الذى كان مدير المعهد قد نحاه جانبًا من أجل إحدى تجاربه.

لكن كان هناك جانب جاد أيضًا لدى فاراداى، وانجذب تجاه نفس الأحجيات الكهربائية التى سعى إليها جوزيف هنرى. كيف يمكن لسلك من النحاس على هيئة ملف أن يعمل مغناطيسًا ويجذب قطع المعدن تجاهه؟ كان هناك فقط فراغ بين السلك

والمعدن. لم يكن هناك أى شىء فى العلم التقليدى يعطى معنى لذلك. امسك بمثل هذا المغناطيس الكهربائى النابض بالحياة فوق مسمار، عندئذ سوف يطير المسمار إلى أعلى. وأيضًا هناك جاذبية ما لا يعد ولا يحصى من تريليونات الأطنان من الصخور والصهارة - مجمل كتلة الأرض - تسحب المسمار إلى أسفل.

ما الشد الذى يمارسه الملف المغناطيسى ويمكنه التغلب على هذه القوة الهائلة؟

كان فاراداى مفتونًا - هذا ما كان يحلم باكتشافه- لكن لعدة سنوات كان من المسموح له بالكاد أن يعمل على مثل هذه المسائل. كانت الشائعات قد انتشرت من خلف ظهره بأن هذا الطفل الذى كان ذات مرة من سكان الأحياء الفقيرة، والذى لا يعدو كونه من نسل حداد، لن يستطيع بالفعل إجراء أبحاث جادة. ولكن فى ١٨٢٩ توفى فى وقت ملائم مدير المعهد الملكى الذى كان الأكثر استخفافًا به. قدم فاراداى الثناء الأكثر إخلاصًا منه لأرملة المدير، ونبذ على الفور كل التكليفات التى كان المدير قد حددها له، وأخلى جدول أعماله بقدر الإمكان. لم يستطع أن يضع قوة السحب غير المرئية للمغناطيسات خارج تفكيره، كان عليه أن يعرف كيفية عملها.

فى ذلك البحث، كان لدى فاراداى ميزة كبيرة عن منافسيه فى إنجلترا وفى القارة الأوروبية. كانوا جميعًا قد تدربوا على الرياضيات المتقدمة التى طورها السير إسحق نيوتن **Sir Isaac Newton** فى القرن السابع عشر. كان نيوتن مشهورًا بصورة الكون فاقد الحيوية الذى يعمل مثل الساعة، حيث الكواكب تدور مثل كرات بليارد عملاقة منفصلة. لم يكن هناك مكان فى هذا الكون، كما كان يتم تعليمهم حينئذ، لقوى غير مرئية لردم الهوة بين الأشياء الصلبة، التى تمسك بالمجموعة الشمسية أو الكون معًا، ولم يكن هناك شباك عنكبوتية تسحب الأشياء عبر السماء. الجاذبية موجودة، لكنها بشكل ما تقفز من شىء إلى آخر. فى وجهة النظر هذه، لا تخترق الجاذبية الفراغات بين الأشياء.

كان هذا يعنى أنه عندما حاول معاصرو فاراداى فهم الروابط بين المغناطيسية والكهربائية، افترضوا أنها سوف تكون قوة قفزت عبر فجوة ما دون أن توجد بالفعل فى الفضاء داخل هذه الفجوة، كان كونهم فارغًا من الناحية الأساسية. وعندما تعمل

القوى، يجب أن تكون، كما كانوا يعتقدون، من خلال العملية فاقدة الحيوية التى تقفز عبر المسافات التى أطلق عليها نيوتن "التأثير من على بعد".

كان فاراداى يحترم نيوتن، لكنه كان يدعم نفسه منذ عمر الثانية عشرة، ولعدة سنوات باعتباره متدربًا فى تجليد الكتب. تعلم أن يفكر من أجل نفسه: لو أنه سار مع ما يفترضه أى شخص، ربما كان عليه أن يظل فى ورشة تجليد الكتب. وأيضًا، فى سنواته كمتدرب، كان قد انصرف عن تعلم الكثير من الرياضيات التى تتجاوز علم الحساب الأولى. كان لذلك ميزة أكبر حيث إنه لم يقع قط تحت إغراء جمال معادلات نيوتن الشبيهة بباخ. لكن حتى لو لم يكن فقيراً، وحتى لو أنه كان قد تعلم حساب التفاضل والتكامل، لم يكن هناك المزيد من الأسباب التى تجعل فاراداى مقتنعًا بأن الفضاء خالٍ.

كانت عائلة فاراداى أعضاء مخلصين للأقلية البروتستانتية المهذبة التابعة لروبرت سانديمان Sandemanians، وهى جماعة تشبه جمعية الأصدقاء quaker باعتقاد شبه حرفى بالإنجيل. وحتى مع انتقال فاراداى للمعهد الملكى، ظل عضواً مكرسًا، وكانت زوجته من نفس الجماعة، وأقرب أصدقائه كانوا كذلك.

من خلال دينه، كان فاراداى مقتنعًا بأن الفضاء ليس خاليًا، ولكن هناك وجود مقدس فى كل مكان. اعتاد أن تتم السخرية منه بسبب مثل هذه المعتقدات ("أنا من طائفة مسيحية بالغة الصغر ومحتقرة"، هكذا تنهد ذات مرة)، وكان قد تعلم أن يجعل وجهات نظره أمراً يخصه. لكن الدين كان يهيمن على كل أفكاره، وذات مرة، فى قارب صغير فى سويسرا، رأى فاراداى ما اعتبره برهانًا على معتقداته.

كان قوس قزح عاديًا عند قاعدة شلال مياه، لكنَّ ريحًا عاتية كانت تهب، وكان الزوار يرمون غالبًا الرذاذ بعيداً إلى الجوانب بحيث اختفى قوس قزح. عندما حدث ذلك، تحرك فارادى نحو المرشدين الذين كانوا معه لينتظرهم. كلما كانت الريح تحمل الرذاذ فى الاتجاه المعاكس، كان قوس قزح يعود إلى الظهور.

"ظللت ساكنًا"، كتب فاراداى، "بينما كان هناك الضيوف وسحب الرذاذ تتحرك.. عبر مكانها وتتكسر على الصخرة"، كان الأمر، كما شعر، كما لو أن قوس قزح كان فى

الانتظار دائمًا، حتى لو كانت تتم رؤيته أحيانًا فقط، كان هذا ما يعتقده فى العلم، حتى عندما يبدو الفضاء خاليًا، يكون فيه شىء ما.

والآن، باحثًا عن المزيد من الروابط بين التيارات الكهربائية والمغناطيسات، كان يعرف أن عليه التركيز على شىء واحد افتقده الجميع: "الخلو" الظاهرى، الفراغات بين الأشياء المختلفة في مختبره. استخدم دليلاً بسيطًا بوصفه طريقة دخول.

كانت إحدى الخدع الشائعة فى حجرة الجلوس فى ذلك الوقت، رش برادة حديد بالقرب من مغناطيس ومراقبتها وهى تشكل منحنيات تمتد من طرف المغناطيس إلى الطرف الآخر. بالنسبة لفاراداى لم تكن تلك مجرد خدعة لتسلية الأطفال، لأنه من أين تأتى بالفعل هذه الأقواس المفاجئة؟ إنها علامة، مثلها مثل قوس قزح، من المصفوفة غير المرئية التى كان يبحث عنها.

خلال ١٨٣٠ ثم بشكل متزايد فى ١٨٣١، بدأ فاراداى تدوير الحقائق. أصبح مفتونًا بالطريقة التى يبدو من خلالها أن القوى قادرة على القفز من منطقة إلى أخرى. عندما يتم إشعال سحب من بخار الغاز، على سبيل المثال، كان من الشائع القول بأن كرة من اللهب تظهر فجأة، لم يكن فاراداى يصدق ذلك. عندما حدق عن قرب أكثر، شعر بأنه يمكنه الشعور باللهب وهو يدفع نفسه إلى الأمام بسرعة من جزء من البخار إلى جزء آخر، عندما ذهب إلى شاطئ البحر فى هاستنجس، وهى مسافة تستغرق يومًا فى حافلة كبيرة من لندن، وجدته زوجته جاثيًا على الشاطئ يفحص التماوجات فى الرمل، وهو يفكر مليًا فى كيفية انتشارها. كان أمرًا لم يكن لدى إديسون فراغ فى الوقت ليفعله.

فى ربيع ١٨٣١ اقترب، لكنه لم يكن قد توصل بعد إلى ما يرغب فيه. كان قد بلغ التاسعة والثلاثين من العمر، وخلال سنوات كثيرة كان مدير المعهد الملكى قد منعه من التقدم، لم يكن قد توصل إلى أى اكتشاف مهم. هل كان نقاده على حق عندما افترضوا أنه لم يكن مفكرًا من الدرجة الأولى؟ قام بتخفيض محاضراته بل وبدأ يصل مبكرًا أكثر إلى مختبره، أحيانًا كانت أختا زوجته تأتيان إلى أسفل لزيارته، لكنهما كانتا تعرفان أن عليهما قضاء أغلب وقتهما جالستين فى هدوء فى الركن، تقطعان

أشكالاً من الورق أو تلعبان بالدمى بينما يعمل العم مايكل. مرت الأشهر، واندهش الزملاء مما كان يحدث، ثم - فى عمل تأزم تحت تلك الضغوط - وقد تحمل أكثر من طاقته فى أسابيع تماماً قبل ذكرى ميلاده الأربعين - تسلم أحد أقدم أصدقائه، ريتشارد فيليبس Richard Phillips، رسالة سريعة:

٢٣ سبتمبر ١٨٣١

عزيزى فيليبس،

.... أنا مشغول الآن فحسب من جديد فى الكهرومغناطيسية، وأظن أننى توصلت إلى شيء جيد، لكننى لا أستطيع وصفه، قد يكون طحلباً بحرياً وليس سمكة ذلك الذى قد أسحبه فى النهاية بعد كل ما قمت به....

لم يكن طحلباً، وبعد عمل استغرق عدة أيام أخرى كان قد توصل إلى النتيجة الحاسمة. فى أكتوبر كان فى استطاعته تقديمه بشكل بالغ البساطة. كان يمسك فقط بقضيب مغناطيسى صغير لطفل فى إحدى يديه، وسلك على هيئة ملف فى اليد الأخرى. دفع المغناطيس نحو ملف السلك، وبدأ تيار كهرباء يندفع فى السلك. وجعل المغناطيس ساكناً، فتوقف التيار، حرك المغناطيس من جديد، بدأ التيار مرة أخرى. ما دام كان يحرك المغناطيس بالقرب من السلك، فإنه يولد تياراً كهربائياً.

لم يفهم أحد قط ذلك من قبل ، هل ابتكر مجال قوة! شيء ما كان ينتقل من المغناطيس إلى السلك. لكن هذا لم يكن ليحدث لو أن الفضاء بينهما فارغ. هناك فى مختبره البارد فى الطابق السفلى فى المعهد الملكى، مع المرور الذى يعمل بسحب الجياد فى ريجينسى فى لندن ويتحرك فى ضجة فى الخارج، كان فاراداى قد كشف أن الكهرباء لم تكن سائلاً ما يهسهس ويمكن فقط جعله يجرى داخل سلك. بالأحرى، يمكن إظهاره إلى الوجود بقوة غير مرئية تنتشر من مغناطيس متحرك وتمتد عبر الفضاء الفارغ(١٢).

فتح فاراداى الباب إلى شيء ما أعظم مما كان يتخيل أى أحد. لو كان على حق، فإن أختى زوجته عندما كانتا تسحبان فى مرح مغناطيس لعبة فى أى مكان، كانتا تسحبان أيضاً مجال قوة غير مرئية تنتشر خارجة من معدن هذا المغناطيس المتحرك.

أفضل ما كان يمكن لفاراداى تقديره، هو مجال قوة تمتد إلى الأبد. لو أنه وابنتا زوجته كانوا داخل مبنى، قد يمتد جزء من مجال القوة إلى الخارج من خلال النافذة المفتوحة أو ربما حتى من خلال الحائط، وهو غير مرئى على أى حال، ويستمر إلى القمر أو ربما إلى ما بعده.

أصبح الأمر أكثر غرابة، افترضت تجارب الطابق السفلى لفاراداى أن عالمنا كان مليئًا بملايين لا تحصى من مجالات القوى الطائرة غير المرئية هذه. كانت هناك مئات من السفن فى موانى لندن وآلاف من العربات التى تجرها الخيول فى شوارع لندن، وفى أى مكان أى أسطول تجارى أو إبرة بوصلة مغناطيسية متحركة لدى أى حوذى، بل إن المزيد من هذه المجالات غير المرئية قد تتحرر. عندما كان فاراداى ينظر إلى الخارج إلى ريجينسى فى لندن، لم تكن السماء خالية فوقه. كانت تسير منحنية بهذه الموجودات غير المرئية.

"كتاب الطبيعة، الذى علينا قراءته" كتب ذات مرة، "مكتوب بإصبع الإله". كان على حق، ولقد كشف الآن عن أن الإله كان مثل الرسام الإيطالى المتألق المهلوس تيتيان Titian، يحطم كونه بهذه الخطوط المفعمة بالحيوية غير المرئية حتى الآن.

استبصارات فاراداى فى قلب التقنية الحديثة، بل وحتى - كما سنرى - قد تجيب عن السؤال حول سبب أن الإلكترونات لا تتكدس فى نهاية خط الهاتف الطويل. لكن رغم أنه قد حصل الآن على وضع مميز فى المعهد الملكى، لم يكن قد تغلب على ماضيه. أغلب زملائه الإنجليز اعتقدوا أنه كان فقط تجريبيًا ذكيًا دون مهارة. كانوا يعرفون بافتقاده المحرج للتعليم الأساسى، ورأوا أنه لم يكن يستطع التعبير عن تبصراته بالرياضيات المتطورة التى كانوا يستخدمونها بسهولة بالغة. بالنسبة للجميع باستثناء قلة، بدت نظرياته المثيرة عن القوة غير المرئية غير قائمة على أساس على أى حال، لذلك كان يتم إهمال أفكاره بأدب[١٣].

أنجز فاراداى المزيد من الاكتشافات الكثيرة، وكانت له مقابلات مع رؤساء الوزارات، وحاز احترامًا كبيرًا بمحاضراته العامة. وفى وقت ما أصبحت امرأة شابة رائعة مفتونة بما توحى به نتائجه الكهربائية بالنسبة لأبحاثها الخاصة. كان هذا من

أعظم "ما كان يجب أن يحدث" فى التاريخ، لأن هذه السيدة كانت ابنة الراحل لورد بايرون Lord Byron، أدا Ada، كونتيسة لافلاس، وكانت تعمل على المفاهيم المبكرة لما نسميه الآن برمجة الحاسب. لم تكن هناك أية تقنية فى ذلك الوقت يمكنها أن تصنع بالكامل ما تصوراته، لكن من يعرف ما يمكن أن يكون قد توصل إليه فاراداى؟ بدا مبتهجًا بها، لكنه تراجع بسرعة، ربما ليتجنب تعريض زواجه الخاص للخطر.

مع ذلك، استمر فى عدم الاستسلام، عندما تم انتقاده بسبب دينه، كان قد تحول إلى الإنجيل من أجل التعزية. والآن، وقد واجه النقد من الغالبية العظمى من الباحثين بسبب فكرته حول مجالات القوة، عاد إلى إسحق نيوتن. رغم ما قيل عن أن نيوتن كانت لديه وجهات نظر مختلفة حول الفضاء الخالى، ربما لم يكن هذا صحيح تمامًا. كان نيوتن أعظم مفكر أنتجه العلم في أى وقت، حتى أى تلميح فى كتاباته بأن فاراداى كان على حق قد يكون مصدر راحة.

على السطح قد يبدو ذلك مستحيلاً، لكن فى الحقيقة كان نيوتن قد أظهر ذات مرة شكوكًا حول رؤياه العامة، فى لحظة استرخاء قصيرة وقد أصبح مسنًا. ولعالم لاهوت شاب محب للبحث من كمبردج، هو ريتشارد بنتلى Richard Bentley، كتب نيوتن، فى ١٦٩٣، أنه ربما لم يكن الكون خاليًا إلى هذه الدرجة. ربما، بالعكس، هناك بالفعل قوى، مثل الجاذبية، تبث حلقات صغيرة متموجة تجتاز ما يبدو شبيهًا بالفضاء الخالى. فكرة "أن... جسمًا واحدًا قد يؤثر على آخر من على بعد خلال الفراغ دون توسط أى شىء آخر"، هذا ما تجرأ نيوتن على كتابته، ".. هو بالنسبة لى عبث بالغ الضخامة لا أظن أى أحد لديه....أى ملكة تفكير كفئة يمكنه أن يسقط فيه فى أى وقت".

تملكت الإثارة بنتلى وكتب طالبًا المزيد عن ما يعنيه العالم العظيم، لكن نيوتن تراجع. تلك كانت فقط أحد تأملات الرجل المسن، ولم يكن هناك المزيد لكى يقال. الذهاب أبعد من ذلك قد يكون خطيرًا، لأن تلك كانت فترة زمنية كان المنشقين عن الدين خلالها يتم حرقهم على عمود. قد تسىء السلطات تفسير اعتقاده بأن الفضاء لم يكن خاليًا وتعتبره غير مؤمن بأن قوة الرب كانت من الضخامة بحيث تكفى لعبور الفضاء الخالى، وقد يبدأون فى التحقيق فى كتاباته الدينية الخاصة، والتى كانت مليئة

بالتأكيد بالهرطقة. توقف التراسل، وبسرعة تم نسيان تلميحه المختصر عن عدم الثقة بالنفس فى ذلك الخطاب.

لكن الآن، بعد أكثر من ١٤٠ عامًا، بينما كان فاراداى يفتش عن إثبات لكونه لم يكن مخطئًا تمامًا، عثر على الخطاب القديم جداً لنيوتن الذى أرسله إلى بنتلى. بهذا الخطاب، أدرك فاراداى أنه لم يكن وحيداً، لقد توصل نيوتن إلى ذلك من قبل.

ووراء ذلك، لم يكن لفاراداى أن يذهب. عندما أصبح مسنًا، وذاكرته تذبل بالفعل، كتب إلى صديق شاب، عالم الفيزياء الإسكتلندى الموهوب جيمس كلارك ماكسويل James Clerk Maxwell:

المعهد الملكى

١٣ نوفمبر ١٨٥٧

سيدى العزيز،

... هناك شىء واحد يسعدنى أن أسألك عنه. عندما كان عالم رياضيات مشغول بأعماله ونتائجه البحثية الفيزيائية توصل إلى استنتاجاته الخاصة، هل من الممكن ألا يتم التعبير عنها كلها فى اللغة الشائعة، بشكل كامل وواضح ومؤكد كما هو الأمر فى الصيغة الرياضية؟ لو أن الأمر كذلك، ألن تكون نعمة كبيرة لمن هم مثلنا التعبير عنها بحيث - نترجمها لإخراجها من غموضها لنعمل بها تقريبًا فى التجربة....

رد ماكسويل كتابه فى سعادة، لكن فاراداى ظل متأخرًا. ضعفه فى الرياضيات ساعده على البدء فى بحث رئيسى، لكن لم يكن فى استطاعته قط أن يقود نفسه إلى التطور خلال حياته.

واستمر فاراداى فى مواساة نفسه بتبنى وجهة نظر واسعة. كان مقتنعًا بأنه فى يوم ما قد تكون هناك اختراعات عملية تعتمد على ما رآه. وعندما حدث ذلك فى النهاية، فحتى النقاد الذين رفضوه كان عليهم قبول أن أفكاره الحدسية كانت صحيحة.

ما لم يدركه، مع مرور العقود ووصوله إلى الستين، كان أنه قد يعيش طويلاً بما يكفى لرؤيته يحدث. كانت هناك مغامرة هندسية عملاقة فى طريقها للحدوث قريبًا، عميقة تحت البحر. وعندما اكتملت، كان هناك دليل إضافى مثير حول أن كل ما تخيله عن مجالات القوة غير المرئية كان حقيقيًا بالفعل.

الفصل الخامس

عواصف أطلسية

أجاميمنون HMS، ١٨٥٨، وإسكتلندا، ١٨٦١

بدأت المغامرة تحت البحر والتى حلت أخيراً الأفكار الحدسية لفاراداى بشخص هو سيراس ويست فيلد Cyrus West Field، والذى كان مستغرقًا فى التفكير، بعد ظهر بارد فى يناير ١٨٥٤، أمام كرة أرضية مبهرجة فى مكتبة فى مبناه المكسو بالحجر الأسمر فى نيويورك. كانت قد مرت عشر سنوات على التلغراف الذى وضع عليه مورس اسمه، وكان توماس إديسون صبيًا لم يتجاوز بعد السابعة من عمره فى ميتشجان. وكان فيلد قد كوّن ثروة من الأعمال، لكن رغم أنه كان من المتوقع له أن يتقاعد، كان لايزال فى أواسط الثلاثينيات من عمره فقط، ولم يكن يحب بشكل خاص أن يتقاعد. وكان قد حاول القيام باستكشافات إلى أمريكا الجنوبية، لكنها كانت مجرد رحلات سياحية موجهة للأشخاص الأثرياء، وحادثة إحضاره نمراً أمريكيًا ومراهقًا أمازونيًا غير عنيف على ما يبدو وعودته بهما إلى مدينة نيويورك، لم تكن تستحق التذكر. وحاول أيضًا قضاء وقت فى العالم الاجتماعى للطبقة العليا فى نيويورك، من النوع الذى كتبت عنه لاحقًا الروائية إديث وارتون Edith Wharton، لكن الهواجس مع تناول الشاى والإشاعات كانت قد أقنعته بأن الأمازون لم يكن بالغ السوء على أى حال.

والآن، فى دراسته، لاحظ شيئًا ما... مزعجًا... عن الكرة الأرضية. فى أحد الجوانب كانت إنجلترا وإمبراطوريتها، المصدر الضخم للثقافة البيضاء الخاصة، بينما هناك بعيداً، معزولة فى المحيط الشاسع، كانت أمريكا. لماذا يكون هذان الحليفان

الطبيعيان معزولين بخشونة؟ الطريقة الوحيدة لإرسال رسائل بينهما كانت بواسطة السفن، وقد يستغرق الأمر عدة أسابيع لإنجاز رحلة ذهاب وعودة بين عاصمتي الأمتين.

فى الماضى، أنتج ذلك سوء فهم ضخم، ولقد فقدت المعركة الكبيرة لنيوأورليانز فى يناير ١٨١٥ بعضًا من عظمتها عندما تم إبلاغ القوات البريطانية والأمريكية المتصارعة بأن الحرب التى كان مفترضًا أنهم يتصارعون فيها قد انتهت منذ عدة أسابيع مضت. احتاجت الأخبار كل هذا الزمن الطويل لكى تصل إلى أعماق الجنوب.

مع خمسينيات القرن التاسع عشر كانت هذه المشاكل قد تم حلها عندما تعلق الأمر بالاتصالات على الأرض، أغلب المدن الكبيرة التى لديها طرق فوق الأرض تم الربط بينها بواسطة التلغراف: واشنطن وبلتيمور، باريس ولندن.

بل تم حتى تغطيس بضعة خطوط تلغراف إلى مسافة بضعة أميال تحت الماء، كما هو الأمر مع الخط الذى كان يعمل لعدة سنوات حتى ذلك الحين عبر القنال الإنجليزى. لكن التحدى الكبير - المغامرة الرئيسية الباقية، كما أدرك فيلد - كانت الامتداد الهائل للمحيط الشمالى الأطلسى.

كان سطحه ينبسط خطيرًا لآلاف الأميال، ولكن تحته، بعيدًا فى الأعماق، ألم يكن من الممكن أن تبقى الأعمال الكهربائية المتطورة للبشر التى يتم الانخفاض بها بحذر إلى هذه المناطق، لا تُمس، حتى عقود فى نهاية الأمر؟ قد يكون لدى الكثير من الأفراد مثل هذه الرؤية - بعد عدة سنوات فقط يأتى الشاب الفرنسى جول فيرن Jules Verne بقصصه عن الكابتن نيمو، حول قبطان بحر ماهر وغواصة متطورة تقضى الأشهر المتواصلة فى تلك الأعماق، لكن فيلد كان لديه المال ليجعل تصور توصيل القارتين حقيقة.

قد يستطيع إنشاء كبل، كما قرر، كبل عملاق باتساع المحيط، ويمكنه الوصل بين الإمبراطوريتين الكبيرتين، ويمكنه تكوين أخوة عالمية، أو على الأقل الحصول على ربح ضخم، وإذا فعل ذلك يستطيع مغادرة هذا البيت الملعون المكسو بالحجر الأسمر

ومراسم الحياة الخانقة فى نيويورك وبدلاً عن ذلك يسافر إلى المركز المالى العالمى، لندن، ويعمل مع المهندسين والبحارة وقباطنة البحر المالح.

اتضح أن الأمر أكثر صعوبة بشكل مؤلم مما كان يظن، خلال السنوات الخمسة عشر التالية، قام فيلد بعشرات من عمليات العبور للأطلسى، وكان يتقيأ فى كل مرة، وكانت هناك كبلات تتكلف ملاين الجنيهات الإسترلينية تمر بعيدة عن الشاطئ، وكانت هناك عواصف عاتية، ومحتالون، وتحقيقات برلمانية، وقد يكون هناك هجوم من قبل حوت، وحدث مؤثر عندما تدمرت قاعدة اجتماعات مدينة نيويورك بفعل النيران. لكن حتى لو كان فيلد على معرفة بكل ذلك، ربما كان يستمر فى التقدم إلى الأمام. كان الأمر أفضل من حفر نفق - وماذا تعنيه الخسارة المالية، وهجمات الحوت، ودوار البحر فى مواجهة الأمل فى المجد؟

أهم شىء، أن فيلد كان يعتقد، من صميم قلبه، أن العملية التقنية الفعلية سوف تكون سهلة. بالنسبة إليه، كان الكبل يشبه خرطوماً أو نفقًا ضيقًا. التيارات الكهربائية كانت نوعًا من الطقطقة، مادة تهسهس تتولد بشكل غامض من البطاريات، يسكبها فحسب فى الخرطوم. ولو أن الإشارة التى ظهرت على الطرف البعيد كانت بالغة الضعف، حسنًا، كان عليه ببساطة أن يسكب المزيد.

فى النهاية أدرك فيلد أن الأمر كان بعيداً تماماً عما حدث، ولكن فى ذلك الوقت، عندما وصل إلى لندن فى ١٨٥٤، متألقًا فى أفضل ثياب جهزها له خياطوه فى نيويورك، استقبله ترحيب حماسى يستحقه أى أمريكى واثق من النجاح بمال كثير للاستثمار. ظن الجميع أن لديه فكرة رائعة، فكرة عظيمة، وأكد أولئك الذين عملوا فى التلغراف لفيلد أنهم أجروا اختبارات للبرهنة على صحة أفكاره، أو على الأقل كانوا على وشك فعل ذلك، ولكن على أى حال كانت الدقة متوافرة، ولو رغب السيد فيلد فى شريك يستحق الثقة، لن يجد إنساناً أفضل.

كان فيلد مهذباً إلى حد كبير، لكنه كان قد شق طريقه فى النسيج وتجارة الورق فى نيويورك - حيث الثقة فى النوايا البشرية يكون جزاؤها الانقراض - ومثل أغلب الأمريكيين الذين يصلون إلى لندن ومعهم مقدار كبير من المال للاستثمار، كان

بالغ الانتباه بأن أغلب من يقابلهم يحاولون معاملته كمغفل، لم يلزم نفسه، وسعى بشكل كتوم إلى رائد المنظرين للكهرباء فى البلد، حتى يتأكد فقط من أن وجهات نظره كانت صحيحة.

كان هذا هو العالم الإسكتلندى وليام طومسون William Thomson (لا علاقة له بـ ج. ج. طومسون). الزائر الذى يأتى لمقابلة طومسون فى نحو ذلك الوقت كان يتوقع شخصًا هرمًا ذا لحية بيضاء، لكنه بدلاً عن ذلك يجد شابًا نشيطًا فى الثلاثينيات من عمره، كان يصعد درجتى سلم فى كل مرة. كان طومسون بحارًا صالحًا وكان بطل تجديف وسباحة فى كمبردج. وكان قد سجل أعلى الدرجات فى الامتحان النهائى للرياضيات - ساعده فى ذلك، بشكل ملائم تمامًا، أن أحد الأسئلة كان من أبحاثه المنشورة الحاصلة على جائزة.

تعرف سيراس فيلد عليه لأن طومسون كان يجرى دراسة على بضعة كبلات تحت البحر كانت تعمل بالفعل. ما وجده لم يكن ملائمًا للنشر الواسع - قد يسبب انزعاجًا للمعنويات الإمبراطورية - لكن تمت ملاحظة سلسلة من الأخطاء المزعجة فى كل واحد من نظم الكبل البريطانية.

رغم أن أى عمل مخالف من قبل إحدى القوتين العظمتين المتعارضتين قد يؤخذ فى الاعتبار لو كان هناك حدث واحد فقط، فإن الخطأ الغامض قد برز فجأة أيضًا فى كبلات متعددة فى البحر المتوسط، وحتى فى خط لندن - روكسل. الإشارات التى تم إرسالها بحدة ووضوح - وميض قصير مفرد من الكهرباء - لم تعد حادة وواضحة عندما ظهرت. وبدلاً عن ذلك كانت باهتة وغير واضحة.

مع كبل قصير كان الخطأ مقبولاً تقريبًا، ولكن مع مسافات طويلة فإنه يعنى أن من يستخدم الكبلات - وقد كانت الأدميرالية تعتمد عليها بشكل متزايد - عليه أن يرسل ويعيد إرسال الرسائل المهمة. فى كبل بالغ الطول، مثل ذلك الذى كان فيلد يقترحه تحت الأطلسى، قد يجعل - إلا إذا تم فهمه وإصلاحه - بث الرسائل الواضحة أمرًا مستحيلاً.

لم يكن أحد قد لاحظ هذه المشكلة فى خطوط التلغراف العادية فوق الأرض، مهما كانت طويلة. ولكن لماذا لم تتم ملاحظة ذلك؟ شيء فريد من نوعه كان يحدث فى الكبلات تحت البحر - وظن طومسون أنه فهم هذا الشيء.

كان طومسون أحد المفكرين القلائل الذين يأخذون تصور فاراداى مأخذًا جادًا. اعتقد، ومعه فاراداى، أن سطح الواقع كان مضللاً، وأن وراء شرر وفرقعات التيار الكهربائى المتحرك هناك حقًا قوة أعمق، مجال قوة غير مرئى، وأنه هو الذى يدفع التيار إلى الأمام. "الشرر" (الإلكترونات) التى تتدفق عبر السلك لا تتحرك بقوتها الخاصة، لكن يتم نقلها كما لو كان هذا يتم بسجادة طائرة غير مرئية. بالنسبة لطومسون وفاراداى كانت السجادة هى مجال القوة غير المرئى.

خلال السنوات التي انقضت منذ قدم فاراداى تصوره، كان طومسون قد طور الفكرة أكثر. هذا المجال غير المرئى هو ما قد ينبثق من البطارية، كما كان يعتقد، وأنه كان أكثر أهمية من أى شرر. قد ينتقل المجال جزئيًا فى داخل وأيضًا على جوانب أى سلك ممتد أمامه. قد يتخذ وضعًا على مجمل طول السلك، بسرعة عالية، ثم يصل إلى أى جسيمات مشحونة ويجر إلى الأمام - أى إلكترونات - يجدها بالقرب من مساره. تخيل طومسون المجال باعتباره شيئًا حيًا تقريبًا، يتعرج ويتلوى باستمرار، وهو يحمل تلك القوة الجاذبة المدهشة.

هذا ما أزعجه بشكل خاص، لأن طومسون كان يعرف أن كبل الأطلسى الذى كان سيراس فيلد يخطط لإنشائه قد يكون فى ثلاث طبقات، كل منها يجب أن تكون رقيقة بقدر الإمكان للاقتصاد فى الوزن. لا بد أن تكون هناك جديلة رقيقة من النحاس فى الوسط، وحولها طبقة رقيقة من العزل بالمطاط، وفى النهاية غلاف من الحديد يغطى كل ذلك، بحيث لا يتمزق الكبل ويصبح مفتوحًا خلال سحبه واهتزازه عبر أرضية المحيط العميقة. كان لذلك معنى بالنسبة لوجهة نظر سيراس فيلد، لكنه كان مفزعًا لواطسون، حيث إنه عندما يقوم مشغل التلغراف بتوصيل مفتاحه، قد يبدأ المجال فى الانطلاق بأقصى سرعة إلى الأمام على جوانب آلاف الأميال من النحاس، وقد يتلوى

أيضًا بشكل جانبي عبر كل هذا الطول من العازل المطاطى[١٤]، وقد يحاول بعض منه جذب الشحنات الكهربائية المختبئة فى آلاف الأميال من الغلاف الحديدى، بل قد يتشتت جزء أخير فى ملايين الأطنان من مياه البحر الباردة فى الخارج، قد ينتشر على نطاق واسع وتتشتت طاقته.

هذا يفسر التأخيرات التى كانت تخشاها الأدميرالية والباحثون الآخرون، عندما يتم رفع الإصبع الإنسانى الذى يضرب على مفتاح التلغراف بين كل إشارة، قد يكون على المجال الذى تكون عبر آلاف الأميال من الكبل خلال الضربة السابقة، قد تشتت قبل أن تتمكن الإشارة التالية من المرور. قد تنهار، إلى أسفل من الماء إلى الحديد، ومن الحديد عبر العازل إلى النحاس، ثم بعدئذ قد تختفى من النحاس. لو أن الإصبع ينقر بعد ذلك بوقت قصير جداً، قد يتصادم المجال الجديد الذى تم شحنه مع المجال القديم الذى لايزال يلتوى هنا وهناك بين النحاس والحديد والمياه. وليس من المثير للدهشة أن تصبح الإشارات فى بضع كبلات موجودة تحت البحر ضعيفة وغير مستقرة. (هذا لا يحدث فى التلغرافات الأرضية العادية، حيث تكون الأسلاك مدعومة على أقطاب، لأنه يمكن أن يكون لهذه الأسلاك عزل سميك. وليس فيها أيضًا غلاف حديدى لجذب قوة المجال المتعرجة إلى الخارج. وأى جزء من المجال يهرب تتم فحسب مطاردته خلال الهواء دون أضرار).

كان سيراس فيلد رجلاً مهذبًا، لكن لا بد أن ذلك بدا هذيان مجنون. رأى طومسون فيلد كعفريت - ريح تعوى - يصارع للخروج. لجعل المشروع يعمل قد يكون من الضرورى تغيير كل بنية وتشغيل الكبل. كبداية، يجب أن يكون العازل المطاطى أكثر سمكًا للمحافظة على وجوده، لكن لا عفاريت فى عالم سيراس فيلد، لا مجالات قوة، كان قد دفع بالفعل مالاً وفيرًا لطلب مسبق لكبل بعازل سميك، ولم يكن ينوى تغيير ذلك الآن.

قدم فيلد مجاملاته لطومسون واختار رجلاً أكثر عملية بوصفه مهندسًا كهربائيًا مديرًا للمشروع، كان هذا هو إدوارد وايتهاوس Edward Whitehouse، الذى لم يكن يعتقد فى وجود مجالات قوة طائرة مخالفة للمعقول وغير مرئية. بالنسبة إليه، الشحنات

الكهربائية تنطلق خارجة فحسب من المعادن داخل البطارية وتتدفق فى السلك. لم تكن هناك حاجة إلى جذب مجالات القوة لكى تطير على الجانب وتسريعها لكى تتقدم.

بل والأفضل من ذلك، أن وايتهاوس كان قادرًا على مساعدة فيلد فى أمر آخر بارع إلى حد ما، لأن فيلد لم يكن بالثراء كما يظن الجميع. كان قد حصل على ثروة، لكن لم تكن كل استثماراته التالية جيدة، وإذا لم يحصل على تمويل لمشروعه المخصص للكبل، وبسرعة، لعل عليه أن يعود إلى نيويورك مهانًا. لا يمكنه أن يمول المشروع شخصيًا، لا يمكنه أن يمول عشره، ولا حتى جزءًا من مائة منه، ولا يمكن الإعلان عن أى علامة على التردد أو الشك حتى يصبح مستثمروه فى حوزته.

كان وايتهاوس هو الرجل المثالى لضمان عدم طرح أسئلة. لجأ إلى التهديدات للتأكد من أن حفنة من العلماء الشباب الذين دعموا فرضية طومسون مازالوا هادئين أو يتراجعون عن موقفهم، بل إنه حتى أحضر، فى ذلك، مايكل فاراداى الكهل إلى مقابلة عامة لمساندة مشروع فيلد.

كان فاراداى يعانى من وابل متزايد من التشوش بمرور السنوات - ربما يعود إلى أدخنة الزئبق الآتية من ألواح أرضية مختبره، التى قد تؤثر على المخ لو تم استنشاقها عبر فترات زمنية طويلة - وكان وايتهاوس قد قام بتجهيزة بشكل جيد. كان التجريب هو القوة الكبيرة لفاراداى، الجميع يعرف ذلك، ويبدو أن وايتهاوس ضلل فاراداى فيما يخص الدليل التجريبى الذى يوحى بوجود أخطاء فى حسابات طومسون.

تحت ضغط وايتهاوس، قدم فاراداى إفادة غامضة حول أن طومسون لم يكن على صواب تمامًا. فى حركة لعلها كانت ستجعل الرأسماليين المغامرين فى مجال التقنية الحيوية فى القرن الحادى والعشرين يشعرون بالفخر، حاك وايتهاوس وفيلد هذه الإفادة لإعطاء انطباع بأن لديهما الدعم الكامل لفاراداى لكبلهما الضيق بطبقة عزل رقيقة فقط. وبدأت شخصيات محترمة مثل و. م. ثاكراى W. M. Thackeray فى شراء أسهم. بعد ذلك بوقت قصير كان لدى فيلد ما يكفى من النقد لتشغيل مصانع الكبل طوال الوقت، وللمفاوضات مع الأدميرالية والبحرية الأمريكية لمواصلة العمل.

أدرك طومسون أن معبوده فاراداى قد تم خداعه، لكن ماذا كان يستطيع أن يفعل؟ كان مقتنعًا بأنه على حق، لكنه اكتشف أن كل ما كان لديه لايزال مجرد نظرية، كان لمشروع الكبل هالة كبيرة جدًا، والآن تم تجاهل طومسون. أوقف وايتهاوس خطاباته إلى فيلد، وعندما اقترح طومسون ناقلاً محسنًا للكبل، سخر وايتهاوس من ذلك ورفض أى تمويل لإنشائه من الشركة.

فى ١٠ يونيو ١٨٥٨، أبحرت البارجتان البريطانيتان أجاميمنون و"نياجرا" التابعتان للبحرية الأمريكية من بلتيمور فى إنجلترا، وهما جاهزتان لوضع الكبل. (كانت هناك محاولة مبكرة أكثر فى ١٨٥٧، لكن الكبل انهار عميقًا بحيث أصبح من الصعب رفعه بأجهزة الرفع). بأخذ العازل والغلاف المعدنى فى الحسبان، كان وزن الكبل كبيرًا جدًا - طن تقريبًا لكل ميل - بحيث لم يكن فى استطاعة سفينة واحدة حمل ما يكفى. لذلك توجهت السفينتان إلى مكان لقاء متوسط، حيث يمكنهما معًا توصيل النصفين ثم الإبحار فى اتجاهين متضادين - إحداهما إلى أيرلندا، والأخرى إلى نيوفاوندلاند - يحركان الكبل بينهما.

كان فيلد على متن أجاميمنون، وكذلك كان عليها رئيس مهندسين حازم، هو تشارلز برايت Charles Bright، لكن عندما أتى وقت الإبحار، لم يكن وايتهاوس قد وصل. وكانت البحرية البريطانية قد فقدت الكثير من السفن الكبيرة فى عواصف الأطلسى خلال سنوات، وكان وايتهاوس يعرف أن الضرر لن يكون كبيرًا لو لم يكن حريصًا جدًا. وكان يرغب أيضًا فى تجنب وليام طومسون، الذى كان قد أصبح على متن السفينة.

كان طومسون يعرف أن فيلد لم يصدق استنتاجاته التى لم تختبر، لكنه كان يرغب فى فرصة لتوضيح أن أفكاره وأفكار فاراداى كانت صحيحة بالفعل. وكان أيضًا يحب سيراس فيلد وكان فى طريقه لأن يساعده على النجاح، سيان كان يرغب فى ذلك أم لا، كان وايتهاوس سعيدًا بمعاملة طومسون بشكل مستبد فى مراسلاتهما، لكنه عرف السمعة الفكرية لطومسون ولم يكن يجرؤ على المجادلة التقنية معه أمام فيلد.

أى شخص كان يسخر من الحذر غير الضرورى لوايتهاوس قد يغير رأيه عندما هبت عاصفة أواخر يونيو ١٨٥٨، كانت إحدى أسوأ العواصف التى سُجلت فى المحيط الشمالى الأطلنطى فى القرن التاسع عشر. لم يبدو الانزعاج الشديد على قبطان أجاميمنون، جورج بريدى George Preedy، عندما مالت سفينته من جانب واحد إلى حد كبير حتى إن سواريها جُرفت فى الأمواج المتفجرة، لكن عندما بدأت إمداداتها من الفحم تتطاير مرتفعة خِلال ظهرها المتشظى، ثم بدأت أطنان الكبلات تتبعها، أفضى بأسراره مطمئنًا إلى مراسل لتايمز اللندنية على متن السفينة بأنه ربما لم يكن الطقس المثالى لوضع خط تلغراف.

تقابلت السفينتان اللتان ضُربتا بعنف فى وسط المحيط، لكن كان هناك المزيد من العواصف، وتكرر انهيار الكبل، بالإضافة إلى هجمات حوت، وتوقف لفترة قصيرة فى أيرلندا بينما كان يتم إصلاح الكبل وحمل فحم جديد على متن السفينة. ورغم ذلك، كانت ستتم إدانة القبطان بريدى لو أنه سحب سفينته بينما كانت تتقدم يانكس ونياجارا، وكان القبطان الأمريكى يبادله، بالطبع، وجهات نظره، وهو ما لم يكن لدى بحارتهما شك فيه كما كانوا يؤكدون لبعضهم البعض عندما تقابلوا من أجل مناقشة كلامية مهذبة فى الحانات المختلفة على الواجهة المائية خلال الاستراحة الأيرلندية القصيرة. ثم عندئذ، فى أواخر يوليو ١٨٥٨، تحسن الطقس، ولأكثر من أسبوع كان الأطلسى هادئًا مثل بحيرة على الأرض، وتم سحب كبل نياجارا إلى الشاطئ فى نيوفاوندلاند، وكبل أجامينون إلى خليج فالنتيا، فى أيرلندا.

عندما وصلت أخبار رسو ٥ أغسطس، انطلقت الصحف جامحة. كان هذا منسجمًا مع السلالة الأنجلوسكسونية، وكان تقنية تغزو الكرة الأرضية، وانطلقت التصريحات الملائمة. فى بريطانيا، دقت نواقيس الكنيسة بشكل مناسب، وتم منح مراتب الفروسية (بما فى ذلك مرتبة لكبير المهندسين تشارلز برايت، الذى لم يتجاوز عمره السادسة والعشرين)، وتم نشر التهانى الرسمية للملكة فى "التايمز". وفى أمريكا كانت هناك طلقات مدفعية، وقدم الوعاظ المديح للإنجاز، وسارت مواكب المشاعل (من ثم وقع الحدث السيئ حيث اجتمعت الشعلة المضاءة مع الأسطح المقببة القابلة للاحتراق فوق قاعة اجتماعات مدينة نيويورك).

كان فيلد بطلاً، وكان وايتهاوس - الذى احتل بسرعة موقعًا فى البناء المؤقت للتلغراف فى أيرلندا، طارداً طومسون الذى كان قد بدأ توصيل الأسلاك قبل وصوله - على وشك أن يصبح عرافة. حيث كانت هناك عشرات الرسائل المكدسة فى انتظار إرسالها بالتلغراف، ورغم إرسال أول بضع رسائل دون صعوبة بواسطة طومسون، كان وايتهاوس مصمماً على أن ينال فضل البقية.

وبعد ذلك بوقت قصير وصل إلى أهم رسالة - التحية الرسمية من الملكة فكتوريا للرئيس باشانان. كان ناسخو تلغراف نيوفاوندلاند مستعدين، وكان مراسلون اختصاصيون من صحف الولايات المتحدة الأمريكية متأهبين أيضًا.

لكن هناك شىء ما خطأ. تم إرسال التلغرافات الأولى دون خطأ، لكن بدا الآن أن شيئًا ما داخل الكبل يتغير. كان تلغراف الملكة تسعة وتسعين كلمة فقط، ويمكن لمشغل ماهر أن ينقرها فى بضع دقائق. ومع ذلك مرت ساعات، وكان هناك مراسلون صامتون من أعضاء طاقم فيلد يسرعون مروعين داخلين وخارجين من مقرات التلغراف، وفقط حدث بشكل جيد فى اليوم التالى، بعد ست عشرة ساعة ونصف الساعة من الإرسال المضنى أن تم إرسال النص كاملاً.

ذهبت جهود العاملين فى التلغراف نازلة من هناك. استغرقت أكثر من ثلاثين ساعة فى صراع من أجل الإرسال وإعادة الإرسال لنقل التلغراف القصير أيضًا لباشانان من جديد إلى الملكة. توضح الوثائق التى بقيت أن الكبل كان مستهلكًا برسائل "أرسل ببطء أكثر"، أو "كرر"، أو، الأكثر كآبة من كل شىء، التكرارات الطويلة لـ "ماذا؟؟؟". أصبحت الصحف مرتابة، وتحولت الخطب وأحاديث الثناء الجليلة إلى تهكم، ولم يستمر ممثلو فيلد بعد ذلك بوقت قصير فى الظهور علنًا.

وكان السبب فى كل ذلك، والذى أصيب بالمزيد من الإحباط فى مقر الإرسال فى أيرلندا، هو إدوارد أ. وايتهاوس، لقد كان فى الحقيقة قد خرج عن ميدانه الآن، لأن كل ما تكلم عنه طومسون أصبح الآن حقيقة. دق المشغلون لدى وايتهاوس إشارات حادة، لكنهم كانوا يحصلون على إشارات مبهمة وتشتت، أصبح من المستحيل التعرف عليها مع الوقت الذى مر عليها وهى تعبر الأطلسى.

لقد فعل وايتهاوس ما كان ليفعله أى شخص متغطرس عندما يقع فريسة استغفال. لقد أصيب بالذعر، نصب مولدات احتياطية ضخمة بتكلفة كبيرة فى مقر أيرلندا - أجهزة بارتفاع خمس أقدام، مثل البطاريات العملاقة، يمكنها أن تفجر فى الكبل كميات ضخمة - حسنًا كميات ضخمة من ماذا؟ فكر وايتهاوس فى أن ما يخرج من بطارية هو مجرد شىء يشبه ومضات من شعلة عامل اللحام، يكون أصغر فقط، وبالمصطلحات اللاحقة، عمل البطارية هو فقط إطلاق حشود من إلكترونات مشحونة قوية إلى السلك، وهى ما يتدفق وحده إلى الأمام فيما تبقى من الطريق. لم يكن طومسون يصدق ذلك، ومن وجهة نظره، الذى ينطلق من البطارية هو مجال قوة جامح وقوى، والتغذية بمزيد من قوة البطارية فى الكبل تحت سطح البحر كان يعنى ببساطة أنك تغذى بالمزيد من هذا المجال المتفجر. وهذا هو سبب أنه كان من الإجبارى، كما شرح، عدم استخدام البطاريات الكبيرة قط.

تجاهله وايتهاوس. كان رجلاً حازمًا وعمليًا، شق طريقه فى المجتمع الإنجليزى، القوة وصلت به إلى هذا الحد، والقوة ستقوده بقية الطريق. لم يعد هناك أمر غامض الآن، أيضًا. لم تكن الإشارة تشق طريقها، لذلك، كما شعر، فإنه فى حاجة فحسب إلى قوة فى المزيد من الجسيمات بالغة الصغر التى كانت تندفع خارجة من معادن بطاريته. فى ذلك الوقت كان التراث الإنجليزى المحترم الحديث بصوت أكثر ارتفاعًا مع الأجنبى - بأمل أنه سيفهمك بشكل أفضل لو صحت - فطلب من أتباعه، الآن فى تلك الأسابيع الأخيرة من أغسطس ١٨٥٨، أن يعلقوا ملفات طولها خمسة أقدام وتركها تتفتق.

كان هذا خيارًا سيئًا بشكل مدهش، يلاحظ الكثير من الناس التحذير الغريب على أجهزة التليفزيون والحاسبات: كن حذرًا فى فتح الجهاز حتى عندما يكون غير متصل بالكهرباء. لماذا يهم الأمر، بعد فصل القابس؟ السبب هو أنه فى داخل أى جهاز تليفزيون أو حاسب، يمكن للشحنات الكهربائية أن تتراكم على مختلف أسطح المعدن. عندما ينخس إصبع متعرق باحث لشخص هاوٍ يصلح الجهاز هنا وهناك، ويحدث أن يوضع هذا الإصبع بين سطحين فى هذه الحالة، يحدث للشحنات الكهربائية

على كلا جانبى الإصبع - المنتظرة على هذين السطحين للمعدن اللذين كانا منفصلين سابقًا - أن تجد ممرًا سهلاً للعبور من خلاله.

من المرجح أن يصيبك حاسب شخصى صغير محمول بصدمة خفيفة فقط، ولكن مع البطاريات القوية التى علقها وايتهاوس، فقد كان كبل الأطلسى يعانى الآن من التواءات تجعله أكثر سوءًا بكثير، كان يصب مجال قوة أكثر قوة بمئات المرات مما تصور طومسون فى أى وقت أنه سينتشر. وصل بعض من مجال القوة إلى السلك النحاسى المركزى وضغط ضد الشحنات الكهربائية هناك، لكن الكثير منه التوى بسهولة إلى الخارج من خلال العازل المطاطى الرقيق، وانتهى به الأمر أن يستخدم طاقته لحث التيارات الكهربائية فى الغلاف الحديدى الخارجى البارد. لكن تذكر كيف كان السلك الرفيع فى المصباح الكهربائى لإديسون يسخن عندما كان يتم دفع كمية كبيرة من الشحنة الكهربائية خلاله، مما يجعل هذه الشحنة تتصادم وتنزلق فى مواجهة المجموعة الرئيسية من ذرات المعدن فى السلك الرفيع. يحدث نفس الشيء هنا تحت الأطلسى، يسخن السلك النحاسى المركزى، ويسخن الغلاف الحديدى الخارجى، وكان المطاط بينهما يعانى من ذلك.

فى كل وقت كان وايتهاوس يأمر المشغلين لديه بإرسال تلغراف آخر أيضًا، كان عليهم استخدام المئات من خبطات شفرة مورس على المفتاح. هذا يعنى أنهم كانوا يرسلون مئات من مجالات القوة المتموجة غير المرئية عبر الكبل، يسخن القلب النحاسى والغلاف الحديدى بسرعة عندما ينتج عن هذا المجال الوثاب تيارات قوية تتكدس فى كليهما، وفى النهاية يحصل العازل المطاطى، المحصور بينهما، على المزيد من الدفء، ويبدأ فى الانصهار. فى كل نقطة يحدث فيها ذلك، لا يعود على الجزيئات المشحونة داخل الكبل أن تنتقل عبر الممر الممتد إلى ألفى ميل إلى الأمام، وقد تتخذ طريقًا مختصرًا بدلاً عن ذلك، وتتحرك ببساطة على بوصة واحدة أصبحت غير مدرعة على الجوانب من النحاس إلى الحديد. كانت بالفعل دائرة "أكثر اختزالاً " shorter ومن هنا يأتى التعبير الشائع الطريق المختصر short circuit.

كلما حاول وايتهاوس بذل المزيد لحل المشاكل - بأن يزيد بشكل محموم من نشاط بطارياته الضخمة - كلما أصبح الكبل أكثر سوءًا. وبعد بضعة أيام طرح

وايتهاوس جهازه الخاص كشيء بالٍ و – من طرف خفى، جعل أصحاب النفوذ لديه يقسمون على السرية – عاد إلى جهاز طومسون الأصلى، أجهزة الإرسال والاستقبال الأكثر وداعة بكثير، لكن الضرر كان قد حدث بالفعل، كان فى استطاعة القليل من الجسيمات الكهربائية التى تفرقع أن ترحل دون انحراف خلال السلك النحاسى المركزى الطويل، وأكثر فأكثر كانت تأخذ الطرق المختصرة الأليفة الملائمة على الجوانب إلى العازل الحديدى القريب جداً. بمجرد أن تكون هناك، يمكنها أن تبقبق خارجة إلى المحيط، لترفع من حرارة ماء البحر قليلاً ولا تذهب قط إلى أى مكان قريب من محطة الاستقبال، على بعد آلاف الأميال.

فى سبتمبر كان القليل فقط من الكلمات هو الذى يعبر، وفى ٢٠ أكتوبر انصهر الكثير جداً من العازل بحيث لم تكن تعبره أية إشارات على أى حال. هلك الكبل ولم يتم استخدامه قط مرة أخرى، تم فصل وايتهاوس، وتولى طومسون القيادة، ووافق المديرون اليائسون لشركة فيلد على كل ما قاله طومسون. هل كان لدى طومسون اقتراحات لهم؟

بالتأكيد كان لديه اقتراحات، يجب وضع كبل جديد، كما أوضح، مع عازل مطاطى أكثر سمكًا، لمحاول منع المجال القافز من عبوره. بمجرد توصيله، يمكن فقط الإمداد بضغط بطارية فقد كان مألوفًا جداً(١٥). لم يكن طومسون يعرف بالضبط ما كان داخل القلب النحاسى – كان هذا لا يزال فى حاجة إلى عقود ليتم اكتشاف الإلكترونات – لكنه كان يعرف أن مهما كان التيار الكهربائى يحمله فى الداخل، فإن هناك تقريبًا انخفاضًا فائقًا فى الوزن، كان كبيرًا بحيث لا ترصده مقاييس موازين العاملين فى الجواهر الأكثر دقة. هذا الوزن القليل كان كل ما يحتاجه لكى يتحرك مجال القوة من البطارية. كان فى طريقه لأن يوفر لسيراس فيلد عفريتًا هامسًا، وليس عفريتًا يخور.

مازال يبدو أن لدى سيراس فيلد بعض الشكوك حول النظرية، لكنه أدرك أنه ليس لديه أى بديل. لو أنه استسلم، لكان المشروع قد انتهى، ولم يكن فى استطاعته أيضًا تكرار مقاربة القوة الفظة التى فشل فيها وايتهاوس. كان عليه أن يقامر بأن فاراداى وطومسون كانا على حق، وأن مجالات القوة غير المرئية التى يمكنها تحريك الشحنات

الكهربائية موجودة بالفعل، وقد تكون، فى النهاية، اختبارًا تفصيليًا للتنبؤات غير العادية لفاراداى.

كان هناك المزيد من الصراع والتأخيرات، وفى ١٨٦٥ انهار كبل محسّن، مما سبب إحباطًا شديدًا، على امتداد ثلثى المسافة عبر المحيط، فى ماء بالغ العمق حتى إنه كان من المستحيل استرجاعه إلى أعلى وإصلاحه. ولكن فى ١٨٦٦ تم وضع كبل آخر أيضًا، من أكبر سفينة فى العالم، "جريت إسترن"، وأنجزت هذه السفينة العمل. منذ وقت سحبه إلى الشاطئ، طقطق الكبل الجديد على طول المسافة بشكل دقيق فحسب، دون توقف تقريبًا، لعام بعد عام بشكل مربح منذ ذلك الحين. كان فاراداى قد أصبح مسنًا تمامًا، ومريضًا جدًا، لكن بدا أن الأخبار كانت تصل إليه، ربما بواسطة طومسون الشاب نفسه.

كان طومسون فخورًا، وكان سيراس فيلد ثريًا. ونعرف الآن أن الإلكترونات لا تنطلق كالنبع باستمرار خارجة من المقابس فى بيتك، هناك فقط مجال قوة ينتظر عند المقابس[١٦]، يجىء عبر كل الطريق إلى بيتك من محطة طاقة بعيدة. عندما تضع شيئًا ما فى القابس فى الحائط وتقوم بتشغيله، يطير هذا المجال الموجه فى منزلك، متخذًا وضعًا فى أى حاسب أو مصباح كهربائيين، وببساطة ينتزع الإلكترونات التى تكون منتظرة بالفعل هناك. عندما تنزع القابس من الحائط، لا يستمر مجال القوة فى الدخول.

ويجيب ذلك، فى النهاية، عن لغز سبب أن الإلكترونات لا تتكدس فى هاتف الشخص الذى تتصل به، يعود ذلك إلى أن حديثك لا يدفعها قط فى هاتف المستمع من حيث المبدأ! عندمّا تتصل هاتفيًا بشخص ما، كل ما تفعله أنك ترسل عبر هذه المسافة مجال قوة غير مرئى، الذى يهز الإلكترونات التى تكون منتظرة بالفعل فى هاتف من يستمع إليك. يندر أن تنتقل إلكترونات فردية - بالفعل، تهيم عبر السلك ببطء شديد، بالكاد بسرعة السير[١٧]، لذلك قد يستغرق إلكترون واحد شهرًا لكى يتقدم متعثرًا عبر كل طريقه فى سلك من نيويورك إلى لوس أنجلوس. لكن مجال القوة عديم الوزن الذى يجعل الإلكترونات تتزاحم مندفعة بسرعة عبر هذه المسافة فى جزء من الثانية، يجعل حديثنا الهاتفى، الذى يبدو كما لو كان يحدث فى نفس الوقت، ممكنًا.

كان سيراس فيلد مـهذبًا دائمًا تجاه طومسون بعد نجاح كبل الأطلسى، لكن يبدو أنه اتبع البعد تمامًا عن مناقشة المجالات غير المرئيـة. كان لا يزال من الغريب جدًا لرجل أعمـال تربى فى عـهد تقنية المحرك البخارى ذى القعقعة أن يصدق مثل هذه الأمور. مع ذلك، كان طومسون مقتنعًا بأن الكهرباء ستكون صناعة ضخمة فى يوم ما وستحتاج إلى صفات ملائمة ليعرف الناس كمية القوة الدافعة التى تأتى من المجال غير المرئى لكى يدفعوا مـقابلها. ربما أراد أن يسمى قوة الدفع على اسم معبوده فاراداى، لكنّ الرسميين الفرنسيين هيمنوا على التسمية العلمية خلال كل القرن التاسع عشر، ورغم أنهم لم يكن لديهم أى شيء ضد السيد فاراداى الذى يحظى بالتقدير، عانى الكثير من سوء الحظ لكونه غير فرنسى، وأيضًا - وكان من المثير تقريبًا التطرق إلى شيء موجع إلى هذا الحد - لم يكن من الشائع نشر نتائجه الأصلية فى لغتهم أيضًا.

تم تبادل المذكرات، وكانت هناك خطابات تهكمية وانهماك فى نقاش سياسى فى الغرف الخلفية، وفى النهاية، فى مؤتمر فى باريس - فى حضور وليام طومسون الأكثر حزنًا - تم إقرار الكلمة الرسمية للقوة الصالحة للمجال غير المرئى. عندما كان نابليون قد غزا إيطاليا قبل ذلك بعقود، أصاب الفزع الكثير من الوطنيين الإيطاليين، لكن أليساندرو فولطا Alessandro Volta - ذلك الذى استخدم قرصين معدنيين فى فمه، وكانت أول بطارية مستقرة - فهم أنه كان هناك اختلاف بين نقاء الاقتناعات والتطور الدنيوى. كان قد قبل طواعية الغزو الفرنسى، وعلق بأناقة بحسن ذوق بلاغى على تسامح نابليون المحرر الحكيم، وقال إن هذا _بضمه إلى النشرات الحصيفة فى فرنسا - يعنى أنه الشخص الذى تفضله فرنسا الآن. ورغم أن فولطا لم يكن لديه دليل قط عن سبب نجاح بطاريته، يتم قياس شدة دفع القوة التى تنطلق فى بيوتنا بـ "الفولتات"، وليس "الفاراداى". عندما تشترى حاسبًا يُقال إنه يعمل عند ١١٠ فولت، وهذا يعنى أنه مصمم ليعمل عندما تصل قوة المجال إلى ما تم تجهيزه لكى يعطى ١١٠ وحدة من قوة الدفع هذه.

عند هذه النقطة قد يبدو أن قصة الكهرباء انتهت، هناك إلكترونات مشحونة قديمة مختبئة داخل كل المادة، وهناك مجالات قوة يمكن أن تنفصل عن هذه الإلكترونات

المشحونة وتجعلها تتحرك. لكن لو كان هذا هو الأمر كله، لكنا لا نزال نعيش اليوم فى عالم التقنية الفكتورية العظيمة، ولكانت هناك مصابيح كهربائية وتلغرافات وربما حتى عربات دون جياد تعمل بالكهرباء، ولكان هذا هو الأمر كله. ولم يكن ليكون هناك قط أجهزة راديو أو تليفزيون أو هواتف خلوية، ولا أقمار صناعية تبعث بإشارات نظام التوجيه العالمى GPS، ولا واى فى WiFi أو بلوتوث Bluetooth أو أى تقنية لاسلكية أخرى. وأيضًا لم يكن هناك حتى وسط أزمنة طومسون الفكتورية أى تلميح عن وجود مظهر آخر للكهرباء.

عندما كان يتم أولاً الإعداد لوضع كبل الأطلسى العظيم، كان صديق آخر لطومسون، هو جيمس كلارك ماكسويل James Clerk Maxwell قد بدأ النظر عن قرب أكثر للمجالات التى كان طومسون يحاول التحكم فيها. (كان هو العالم الشاب الذى كتب فاراداى إليه يطلب منه المساعدة فى ١٨٥٧). أدرك أن المجالات لها بنية داخلية معقدة، وتتكون بالفعل من جزأين - جزء كهربائى وجزء مغناطيسى.

كان تصوره غير عادى.

كل جسيم مشحون كهربائيًا فى الكون يمثل مركزًا لمجال قوة هائل، هذا ما كتبه. هذا المجال "الكهربائى" يتمدد إلى الخارج مثل هالة متدفقة. وكلنا يحمل هذه الهالات الضخمة عندما نتحرك: إنها تنتقل بخطوة مضبوطة معنا، وتتوازن عادة الشحنات الموجبة والسالبة حولنا بحيث لا نرى أى تأثير. لكن إذا جررت قدميك على سجادة والتقطت مزيدًا من الشحنة الكهربائية السالبة من الإلكترونات على السجادة، عندئذ يصبح المجال المنبعث منك أكثر كثافة، وأكثر شدة. ارفع إصبعك، عندئذ ينتشر هذه المجال الأقوى قليلاً إلى الخارج، مثل ضوء من مصباح تمثال الحرية، قد نصاب ببساطة بشحنات إستاتيكية - لكن هناك أيضًا شىء ما أكثر من ذلك.

أينما نفضت هذا الإصبع المشحون[١٨] يكون التأثير مشابهًا لنفض طاسة ضخمة من الجيلو jell-O (مزيج من هلام وسكر منكه بطعم الفاكهة)، أو مثل احتكاك يدك فى بركة ماء. يبدأ المجال المتدفق الممتد منك فى الارتجاف.

والآن بالنسبة للجزء السحرى. لو أنك أبعدت يدك المتحركة عن بحيرة حقيقية، سوف تتلاشى سريعًا جدًا تموجات الماء، سوف تتوقف الموجة التى صنعتها. لكن ماكسويل أدرك أنه كان هناك أيضًا جزء مغناطيسى لمجالات القوة غير المرئية لفاراداى. بينما يبدأ الجزء الكهربائى فى التموج، سوف يشحن هذا الجزء الثانى المغناطيسى غير المرئى. (لماذا؟ لأن تغير المجالات الكهربائية ينتج عنه مجالات مغناطيسية - وهو ما توصل إليه جوزيف هنرى بمغناطيسياته الكهربائية: تشغيل التيار الكهربائى يجعل القوة المغناطيسية تظهر). لكن ما الذى يحدث عندما يصبح الجزء المغناطيسى من المجال غير المرئى أقوى؟ حسنًا، التغيرات فى المجالات المغناطيسية ستجعل مجالاً كهربائيًا جديدًا يظهر فجأة. هذا ما كان قد أوضحه فاراداى نفسه فى تجربة الطابق السفلى العظيمة فى١٨٣١.

كل ما يعنيه ذلك أنه بمجرد تحريك شحنة كهربائية[١٩]، سوف تجعل مجالاً كهربائيًا يبدأ فى التأرجح، وعندما تتلاشى هذه التموجات، سوف تجعل مجالاً مغناطيسيًا جديدًا يظهر. ولأن هذا الجزء المغناطيسى يتلاشى بدوره، فإن التغير فى شدته سوف تجعل مجالاً كهربائيًا جديدًا يظهر، وعندما يضعف ذلك سيكون هناك مجال مغناطيسى آخر، و....

لا ينتهى الأمر أبدًا، عليك أن تصب بعض الطاقة فى البداية لجعل الشحنة الكهربائية الابتدائية تهتز، لكن بمجرد أن تفعل ذلك، بمجرد أن تكون قد جعلت هذه المجالات المترابطة بشكل متبادل تبدأ فى الارتجاف، يمكنك الابتعاد. قد تمر عقود وألفيات، وقد يتم نسيان وجودنا الأرضى تمامًا، لكن التموجات الممتدة إلى الأمام التى بدأتها فى مجال القوة الموحد هذا (الكهربائى - إضافة إلى - المغناطيسى) سوف تستمر فى الانتقال إنها خالدة، التموجات هى السجاجيد السحرية الطائرة فى السماوات، إنها "تنسج شبكة عبر السماء". لقد أهملها طومسون، لأن خلطًا بين كل ذلك، لم يكن فى استطاعته النظر بوضوح إلى الجزأين المنفصلين وكيف يمكن لكلٍ منهما توليد الآخر، مثل العنقاء، إلى الأبد. لكن ماكسويل أوضح أخيرًا كيف أن تصور فاراداى فى مختبره فى الدور السفلى كان صحيحًا.

كتب ماكسويل أفكاره فى عدد من المعادلات المعقدة. لكن عندما توفى، فى ١٨٧٩، رغم أن طومسون كان داعمًا، كانت أفكار ماكسويل لا تزال تعتبر لدى أغلب العلماء مجرد فرضية. من كان يمكنه تصديق أننا نعيش فى كون يعج بمثل هذه الموجات غير المرئية؟ كان من المقبول أن بضع موجات محلقة قد تتسرب هنا أو هناك من أسلاك كهربائية عادية. لكن لم يكن هناك من يحاول بالفعل إعادة تجهيز هذه الأسلاك بحيث تصبح منصة إطلاق مكرسة لهذه التموجات فى المجال "الكهرومغناطيسى"، ولم يكن هناك أحد، حتى مع بداية ثمانينيات القرن التاسع عشر، فى طريقه لبناء جهاز كشف يراقب مكان هبوطها.

ثم، فى ١٨٨٧، فعل شخص ذلك. المجرب الذى أنجز ذلك - هاينريتش هرتز Heinrich Hertz - ترك يومية كاشفة مهمة بحيث يمكن تقديم عمله بالكامل تقريبًا من خلال كلماته الخاصة، ممتزجة بكلمات معاصريه وخلفائه المباشرين. وإلى هذه الحكايات من المصدر الأصلى حول ميلاد عالمنا اللاسلكى علينا أن نتحول الآن.

الجزء الثالث

آلات الموجة

الفصل السادس

رجل متوحد

كارلسروه، ألمانيا، ١٨٨٧

مقتطف من يوميات هاينريتش هيرتز، ١٨٨٤ :

٢٧ يناير، ١٨٨٤ . فكرة حول أشعة كهرومغناطيسية.

١١ مايو. صعوبة مع الكهرباء المغناطيسية لماكسويل فى المساء.

١٣ مايو. لا شىء سوى الكهرباء المغناطيسية.

١٦ مايو. العمل على الكهرباء المغناطيسية طول اليوم.

٨ يوليو. الكهرباء المغناطيسية، لا يوجد نجاح بعد.

١٧ يوليو. محبط، لم أستطع أن أتواءم مع أى شىء.

٢٤ يوليو. لا أشعر بأننى أحب العمل.

٧ أغسطس. رأيت من "الكهرباء الاحتكاكية" لريس أن أغلب ما توصلت إليه حتى الآن معروف بالفعل.

خطاب من هاينريتش هيرتز إلى والديه، ٦ ديسمبر ١٨٨٤ :

هناك إشاعات حول توقعاتى هنا وفى كارلسروه، لذلك يسألنى عدة [زملاء] تريد أن تتركنا؟" بينما لا أعرف أى شىء بالمرة.

مقتطف من يوميات هاينريتش هيرتز، ١٨٨٥-١٨٨٦ :

٢٨ نوفمبر [١٨٨٥] أمسية فى ليلة السبت فى النادى الاجتماعى.

١٣ ديسمبر. السير فى الصباح وحدى خلال عاصفة ثلجية فى إتلنجن.

٣١ ديسمبر. سعادة أن [هذا] العام تنتهى، والأمل فى ألا يتبعه عام مماثل.

٢٢ يناير ١٨٨٦، زكام سيئ ووجع أسنان.

٢٣ يناير. الذهاب إلى الفراش مبكراً بقدر الإمكان بعد التسلل هنا وهناك طول اليوم.

١٢ فبراير. العمل طول اليوم على بطارية.

١٨ فبراير. عمل مليء بالحماس على بطارية.

٢٤ مارس. تعهد متدرب ميكانيكى مكان مارتن.

أول أداء له: يحطم صفيحة زجاجية لمولد احتكاك كهربائى ضخم.

١٥ يونيو. أعياد أحد العنصرة، محبط من خطر الحرب.

٣١ يوليو. يوم زفاف.

١٦ سبتمبر. لم أتخذ قراراً حول المشروع الذى أبدأ به.

هاينريتش هيرتز، خطاب رئيسى فى إمبريال بالاس، برلين، أغسطس ١٨٩١ :

خارج وعينا يقع العالم البارد الغريب للأشياء الواقعية. بين الامتدادين توجد التخوم الضيقة للأحاسيس. الاتصال مستحيل بين العالمين إلا عبر الشريط الضيق.. للفهم الصحيح لأنفسنا وللعالم هناك أهمية بالغة أن يكون قد تم استكشاف هذه التخوم بالكامل.

تقدير تذكارى لهاينريتش هيرتز (١٨٥٧-١٨٩٤) ، بواسطة ماكس فون لاوى ، الفائز بنوبل :

الآن تبدأ الفترة الكلاسيكية فى حياة هيرتز.... بينما كان يجرى التجارب.. توصل هيرتز إلى شىء غير متوقع.

مقتطف من يوميات هنريتش هرتز، ١٨٨٧ :

٣ يونيو. ليس هناك المزيد لفعله، بسبب الطقس الرطب.

٧ يونيو. قمت بالقليل من التجارب، أشعر بالكسل، دون رغبة فى العمل.

١٥ يوليو. بدأت أملأ البطارية الكبيرة.

١٨ يوليو. إجراء تجارب بشرارات من البطارية.

١٩ يوليو. الرغبة فى العمل تتلاشى تماما .

٧ سبتمبر. بدأت العمل فى المختبر على التذبذبات السريعة.

٨ سبتمبر. إجراء تجارب.. إلى قلب المادة.

خطاب من هاينريتش هيرتز إلى والديه ، خريف ١٨٨٧ :

زملائى، بقدر تفكيرهم حول الأمر على أى حال، سوف يصدقون أننى غارق فى العلم فى التجارب البصرية، لكن خلال عملى على أمور مختلفة تماماً....

....

المعلم الخاص لهيرتز، هرمان فون هلمهولتز Hermann von Helmholtz، كان قد طلب منه قبل ذلك بوقت طويل أن يختبر تنبؤات ماكسويل، وأدرك هيرتز الآن أن فى استطاعته إنجاز ذلك بصناعة جهاز له جزأين. الأول جهاز إرسال، حيث تقفز شرارة

كهربائية إلى الأمام وإلى الخلف بين كرات معدنية مصقولة. كان أمله أن المجال المتحرك الذى يتماوج خارجًا من الشحنات الكهربائية فى تلك الشرارات قد يولد الموجات غير المرئية التى تنبأ بها ماكسويل.

الجزء الثانى من الجهاز كانت آلية تعليق سلك مربع، كان هذا هو جهاز الاستقبال. لو أنه كان على حق، سوف تنطلق الموجات غير المرئية من جهاز الإرسال، وتعبر خلال قاعة الحضور، ثم تصل إلى آلية التعليق المعدنية هذه. للتأكد من وصولها، كان قد قطع ثغرة بالغة الصغر فى آلية التعليق. لو أن موجة غير مرئية وصلت، سيكون عليها عبور هذه الثغرة وسينتج عنها أيضًا شرارة أخرى.

لم يكن هناك سلك يصل بين جهازى الإرسال والاستقبال، لو أنه رأى شرارات فى ثغرة جهاز الاستقبال، سيعرف أن موجات ماكسويل قد عبرت الغرفة.

....

خطاب رئيسى لهاينريتش هيرتز أمام الجمعية الألمانية لتطور العلم الطبيعى، هيدلبرج، ٢٠ سبتمبر ١٨٨٩ :

الشرارات [التى يجب رصدها فى جهاز الاستقبال] قصيرة بشكل ميكروسكوبى، بالكاد يصل طولها إلى جزء من مائة من المليمتر، وتستمر فقط نحو جزء من مليون من الثانية. يبدو من العبث تقريبًا ومن المستحيل رؤيتها، لكن فى غرفة مظلمة تمامًا يمكن لعين مستقرة فى الظلام أن تراها. على هذا الخيط الرفيع يتعلق نجاح مشروعنا.

مقتطف من يوميات هاينريتش هيرتز، ١٨٨٧ :

١٧ سبتمبر. تعطى التجارب نتائج جميلة وتكميلية.

١٩ سبتمبر. إنشاء تجارب عن الوضع النسبى للدوائر، وعمل مخطط أولى لها.

٢٥ سبتمبر. السبت. العمل بجهد على تخطيط أولى ثانى فى البيت.

صوفى إليزابيث.

٥ أكتوبر. البدء فى العمل من جديد فى الصباح.

من هاينريتش هيرتز إلى هرمان فون هلمهولتز (عالم فيزياء ألمانى رائد)، ٥ نوفمبر ١٨٨٧:

أحب انتهاز هذه الفرصة لجعلك تعرف، الأعظم تبجيلاً هير هلمهولتز، عن بعض التجارب التى نجحت حديثًا فى تكملتها.... كان لدى بعض الهواجس تجاه استهلاك وقتك لكن هذا البحث يعالج موضوعًا رئيسيًا كنت تجادلنى ذات مرة منذ عدة سنوات أنت نفسك لكى أعالجه.

إلى والدى هيرتز، من إليزابيث هيرتز (زوجته)، ٩ نوفمبر ١٨٨٧:

أرسل هينز [الاسم الذى تنادى به هاينريتش] مخطوطته إلى البروفيسور هلمهولتز يوم السبت، وتلقى يوم الثلاثاء ردًا عليه من خلال بطاقة بريدية منه، تحتوى فقط على الكلمات التالية، "وصلتِ المخطوطة. أحسنت! عليك إرسالها للطباعة يوم الخميس". أتاح لنا ذلك سعادة بالغة، بالإضافة إلى أن هينز كان قد بدأ بالفعل فى أجراء تجارب يوم الاثنين، وعندما عاد إلى البيت قال لى إنه قام بإعداد الجهاز، واختبره، وخلال ربع ساعة كان قد حصل على نجاح جديد فى أعظم التجارب جمالاً.. لقد أخرج الآن ببساطة هذه الأشياء الجميلة من خيوطه المتداخلة! بالطبع...لا أفهم بالتأكيد أى شىء من ذلك.

خطاب تذكارى للبروفيسور ماكس بلانك، ألقاه أمام الجمعية الفيزيائية فى برلين، ١٦ فبراير ١٨٩٤:

ما الذى لا يتذكره عالم الأبحاث حتى فى أيامنا هذه حول الشعور بالدهشة والذهول الذى ينتابه مع أنباء عن هذه الاكتشافات؟ بحث تلو البحث فى نجاح سريع،

مع تكديس الملاحظات الجديدة. عرفنا أن العملية الكهربائية يمكنها أن تنتج أيضًا تأثيرات (ديناميكية)، وأن الموجات الكهرومغناطيسية تنتقل خلال الهواء، وأن الموجات الكهربائية تتقدم بنفس طريقة موجات الضوء تمامًا، والبرهان على كل ذلك تم الحصول عليه من خلال شرارات بالغة الصغر، والتى يجب النظر إليها فى ظلام جزئى بمنظار تكبير لكى يتم ملاحظتها على أى حال!

من هاينريتش هيرتز إلى والديه، ١٣ نوفمبر ١٨٨٧ :

كان حسن الحظ من نصيبى هذا الأسبوع من جديد فيما يتعلق بتجاربى،لم أكن من قبل قط على مثل هذه التربة الخصبة، تتفتح الفرص من اليمين واليسار. نفس الشىء الذى أصنعه الآن كان فى عقلى لعدة سنوات، لكننى لم أكن أصدق أنه من الممكن تحقيقه...

مقتطف من يوميات هاينريتش هيرتز، ١٨٨٧ :

١٦ ديسمبر. عدت من جديد إلى تجاربى وبدأت أملأ الفجوات.

١٧ ديسمبر. تمت التجارب بنجاح.

٢١ ديسمبر. تم إجراء التجارب وملاحظة تأثير الموجات الكهرومغناطيسية.

٣٠ ديسمبر. تمت متابعة التأثير فى قاعة الحضور.

٣١ ديسمبر. مرهق من إجراء التجارب، أمسية فى بيت حماى وحماتى، أنظر إلى العام المنصرم بسعادة.

خطاب أساسى لهاينريتش هيرتز أمام الجمعية الألمانية لتقدم العلم الطبيعى، هيدلبرج، ٢٠ سبتمبر ١٨٨٩ :

كل هذه التجارب فى حد ذاتها كانت بالغة البساطة، لكن [عندما انتهيت منها] ..... كان من الطبيعى أن أتقدم بضع خطوات إلى الأمام...

من هاينريتش هيرتز إلى والديه، ١٧ مارس ١٨٨٨ :

تم [الآن] إزالة أكبر ثريا من قاعة الحضور للحصول على أكبر فراغ ممكن لفضاء الهواء...أمس أجريت بعض التجارب الجديدة.

تقدير تذكارى لهاينريتش هيرتز بواسطة ماكس فون لاوي:

البحث [التالى] كان خطوة عظيمة إلى الأمام، حيث كان جهازا الإرسال والاستقبال قد تمت المحافظة عليهما متقاربين. فصل هيرتز بينهما الآن إلى أقصى حد مسموح به فى الغرفة الواسعة ضمن ترتيباته، قاعة الحضور فى معهده، خمسة عشر متراً. كان جهاز الإرسال على حائط فى الطرف، والحائط فى الطرف المقابل تم تحويله إلى مرآة للموجات الكهربائية.

....

بهذه المسافة الكبيرة بين جهازى الإرسال والاستقبال، كان هيرتز يأمل فى جعل الموجات غير المرئية ترتد على حوائط الغرفة.

....

مقتطف من يوميات هاينريتش هيرتز، ١٨٨٨ :

٢٧ فبراير. أصبحت مستعداً لتجارب جديدة. صنعت دروعاً معدنية.

٣ مارس. تم إجراء تجارب مع تكوين ظلال بأشعة كهرومغناطيسية.

٩ مارس. وفاة القيصر.

١٤ مارس. محاضرة مسائية فى نادى الرياضيات.

هاينريتش هيرتز، مجموعة أبحاث، ١٨٩٤ :

ظننت أننى لاحظت إعادة تقوية غريبة لـ [الموجات] أمام... حوائط الغرفة... بدا لى أن هذا قد يظهر نتيجة نوع من انعكاس القوة الكهربائية.. بدت هذه الفكرة لى غير مقبولة تقريباً - مختلفة تماماً مع المفاهيم المتداولة حول طبيعة القوة الكهربائية.

....

توصل هيرتز إلى أن الأمواج التى ولّدها، رغم أنها غير مرئية، يمكن أن تنعكس وترتد بواسطة المرايا، تماماً مثل ما يحدث للضوء المرئى. كان لا يزال يتم توليدها من خلال أنماط متموجة فى مجالات القوة التى تمتد من الشرارات المتحركة بسرعة فى جهاز الإرسال لديه.

....

مقتطف من يوميات هاينريتش هيرتز، مارس ١٨٨٨ :

- إعادة التجارب بأقصى عناية.
- أجريت التجارب وظننت أننى رصدت موجات كهرومغناطيسية ثابتة بالانعكاس فى القاعة.

من هاينريتش هيرتز إلى هرمان هون هلمهولتز، ١٩ مارس ١٨٨٨ :

أحب أن أبلغك بالتقدم التالى: انعكست الموجات الكهرومغناطيسية فى الهواء من حوائط موصلة صلبة... الظاهرة مميزة بوضوح تماماً ومؤلفة من عناصر مختلفة... حاولت أيضاً إظهار التأثير خلال مسافة أطول بواسطة مرايا مقعرة وحصلت على بعض دلائل النجاح...

إلى والديه من إليزابيث هيرتز (زوجته) ، ٩ ديسمبر ١٨٨٨ :

اليوم أكتب بدلاً عن هاينريتش مرة أخرى، هو فى حالة استغراق شديد فى عمله حتى إنه لا يرغب فى أن يقاطعه أحد...أحضر هذا الصباح خطابًا من جيهمرات ألتوف Geheimrat Althof يعرض على هاينريتش الاختيار بين درجة البروفيسور فى برلين وبون.

من هاينريتش هيرتز إلى والديه، ١٦ ديسمبر ١٨٨٨ :

أصبحت بون مؤكدة الآن، فى الثانية والعشرين سوف يكون لدىّ مؤتمر هناك مع ألتوف للبت فى المصطلحات بشكل قاطع. تبعًا لكل ما سمعت، أجور المحاضرات تجعل الحاصل على الكرسى رجلاً ثريًا... على العموم، لا يمكننى أن أنكر أننى كنت محظوظًا هذه المرة، على الأقل بالنظر إلى الظروف الخارجية وحسب المظاهر.....

من هرمان فون هلمهولتز إلى هاينريتش هيرتز، ديسمبر ١٨٨٨ :

الصديق المبجل،... أتأسف شخصيًا لعدم مجيئك إلى برلين، لكن عليّ القول بأننى أعتقد أنك تتصرف على الوجه الصحيح تمامًا.. بتفضيل بون..الشخص الذى لايزال يأمل فى التمسك بالكثير من المشاكل العلمية قد يكون من الأفضل له البقاء بعيداً عن المدن الكبيرة...

من هاينريتش هيرتز إلى والديه، ديسمبر ١٨٨٨ - يناير ١٨٨٩ :

لقد... قررت فى بيت كلاوسيوس. تحتوى الحديقة على ما هو بالفعل شجرة كستناء جميلة، لكن هناك عائق.

حتى أربع سنوات مضت كانت هذه الغرف تقدم خدمات عيادة طبية، ورغم أن الحوائط فى هذا الوقت كانت مهدمة والأرضيات مستهلكة، كانت الجماعة الطبية تُنصح

رغم ذلك بعدم التنقل فى الشقة مع أى عائلة شابة، حيث قد تكون الشقة مازالت ملوثة...

ذهبت لمقابلة البروفيسور الطبى (الذي) أخبرنى .. كان هناك بعض الخطر من انتقال العدوى...

من ترشيح هلمهولتز لهيرتز لأكاديمية العلم فى برلين، ٣١ يناير ١٨٨٩ :

الرغبة الموقعة أدناه لتقديم اقتراح بانتخاب البروفيسور هاينريتش هيرتز.. لقد جعل هيرتز من نفسه شخصاً مشهوراً من خلال سلسلة من نماذج البحث العبقرية إلى حد كبير والمهمة بدرجة غير عادية...

مقتطف من يوميات هاينريتش هيرتز، ١٨٨٩ :

١٧ مارس. إجراء حسابات نشيطة.

٢٦ مارس. إرسال البحث.

خطاب أساسى لهاينريتش هيرتز أمام الجمعية الألمانية لتقدم العلم الطبيعى، هدلبرج، ٢٠ سبتمبر ١٨٨٩ :

لقد أصبحت [الكهرباء] مملكة عظيمة، نلاحظها في آلاف الأماكن حيث لم يكن لدينا من قبل برهان على وجودها. .... يمتد نطاق الكهرباء عبر كل الطبيعة...

من هاينريتش هيرتز إلى والديه، في زيارة فخرية للندن، نظمتها الجمعية الملكية، ٥ ديسمبر ١٨٩٠ :

غادرت هنا مساء الجمعة ووصلت إلى لندن ظهر السبت..تم تقديمى إلى كل شخص تقريباً - وكثيراً ما كان يصعب عليّ تذكر الأسماء بشكل صحيح تماماً... كنت

بالطبع مفتونًا بشكل خاص بمقابلة كبار علماء الفيزياء الأجانب، والسير و. طومسون وآخرين....

من مقدمة وليام طومسون لمجموعة أعمال هيرتز:

خلال السنوات [المتعددة] التى مرت منذ أزعج فاراداى علماء رياضيات الفيزياء بخطوطه المنحنية عن القوة، ساهم الكثير من العاملين والكثير من المفكرين فى إنشاء مدرسة القرن التاسع عشر... سوف تكون الأبحاث الكهربائية لهيرتز، التى توفرت للعالم فى العقد الأخير من القرن، إنجازًا رائعًا باقيًا.

مقتطف من يوميات هاينريتش هيرتز، ١٨٩١ :

١ يناير. [وُلدت] ابنة صغيرة، الأم والطفلة فى صحة جيدة.

١٦ يناير. تم شحن جهاز قياس القوة الكهربائية.

١٨ يناير. تمت تجربة مكثف لجهاز إرسال كهرباء.

من هاينريتش هيرتز إلى والديه، ١٨٩٢ :

أيامنا الآن هادئة كما يمكن تصورها..لسوء الحظ تم تكديرها تمامًا إلى حد كبير بالنسبة لى شخصيًا، وكذلك بالنسبة لإليزابيث أيضًا، حيث أصبت بزكام، يعلم الرب كيف حدث هذا، وهو صعب المراس بقدر كونه بغيضًا.

مقتطف من يوميات هاينريتش هيرتز، ١٨٩٢ :

١٠ مايو. تم تجهيز حفرة رملية كبيرة فى الحديقة لكى يلعب فيها الأطفال خلال غياب إليزابيث. وفيها مغارة سحرية.

٢٧ يوليو. أصبح زكامى شرسًا. توقفت عن العمل وتركته باقيًا.

خطاب تذكارى للبروفيسور ماكس بلانك، ألقى أمام الجمعية الفيزيائية فى برلين، ١٦ فبراير ١٨٩٤:

بينما كان يُظن فى البداية أن مرضه غير ضار، لم يكن هناك تحسن ملحوظ بالعلاج، لكن متاعبه ازدادت بمرور الوقت. مع بداية الشتاء لم يكن أمام [أصدقائه]، لم يستطيعوا، مواجهة العاقبة المحتملة....

مقتطف من يوميات هاينريتش هيرتز، ١٨٩٢:

٢٩ أغسطس. وصل الوالدان فى طريق عودتهما إلى هامبورج.

٦ أكتوبر. عملية خطيرة.

٧ أكتوبر. مصاعب حادة جدًا فى البلع.

٩ أكتوبر. ألم حاد.

١١ أكتوبر. حاولت النهوض، لكن الحمى كانت شديدة جدًا.

من هاينريتش هيرتز إلى والديه:

الآن لسوء الحظ أفقد قواى من وقت إلى آخر... لكن لايزال لدى أمل فى وقت فى المستقبل سوف أستطيع فيه التركيز بشكل كامل.

من هاينريتش هيرتز إلى والديه، أكتوبر ١٨٩٢:

لسوء الحظ لا يمكننى إخباركما أى شىء مشجع عن نفسى، لا يوجد أى تقدم مطلقًا والمواساة الوحيدة - لو أنها مواساة - هى أنه تبعًا للخبرة تميل هذه الأحوال لأن تطول....

مقتطف من يوميات هاينريتش هيرتز، ١٨٩٢ :

١٩ أكتوبر. فترة مليئة بالمعاناة.

٢٨ أكتوبر. تستمر الانتفاخات خلف أذنى فى النمو، ومحاولات فاشلة لتجفيف مكانها.

٢٩ أكتوبر. طلب والب البروفيسور ويتزيل، الذى أجرى عملية نحت من خلال العظمة الناتئة خلف الأذن.

من هاينريتش هيرتز إلى والديه، ٢٣ ديسمبر ١٨٩٢ :

هل وصل عيد الميلاد بالفعل؟ بدا الأمر كما لو أن منتصف الصيف كان بالأمس فقط، ومنذ ذلك الحين لم أكن منتبهًا لأى شىء حدث، أو أننى مررت بأى شىء سوى حلم مروع لازلت عاجزاً عن اليقظة منه.

تدوينات يومية متنوعة لهاينريتش هيرتز، بون، تسعينيات القرن التاسع عشر:

- سرت قليلاً، بحثت عبثًا عن نقاط بداية لعمل جديد.
- أجريت تجارب على أنبوب بارومتر حديدى.
- نتج عن التجارب احتمالية تجارب مفضلة.
- يبدو أن التجارب تقدم القليل من الوعود، لذلك لم يكن هناك ما يشجع فتوقفت عن العمل فى نفس الوقت.
- شعرت بأنه طفح بى الكيل من العمل فى الفيزياء.

من هاينريتش هيرتز إلى والديه، ديسمبر ١٨٩٣ :

أنا من بين هؤلاء.. من المقدر لى أن أعيش فقط وقتًا قصيراً.. لم أختر هذا المصير، لكن حيث إنه لحق بى، علىّ أن أكون راضياً.

مات هاينريتش هيرتز بما كان يطلق عليه حينئذ تسمم الدم فى ١ يناير ١٨٩٤، ربما كان نتيجة عدوى من مواد فى العيادة الطبية التى كانت تحتل بيته فى وقت سابق، كان فى السادسة والثلاثين.

بعد ذلك بوقت قصير، بدأ المخترعون العمليون يستأنفون أبحاثه النظرية، وأكثرهم تميزًا كان ابن وريثة أيرلندية المولد لثروة ويسكى جيمسون، وحيث إنها استقرت فى إيطاليا، عُرف ابنها - رغم أنه فصيح فى الإنجليزية - باسم زوجها: ماركونى Marconi.

....

من محاضرة جوليلمو ماركونى وهو يستلم جائزة نوبل، ١١ ديسمبر ١٩٠٩ :

فى بيتى بالقرب من بولونيا، فى إيطاليا، بدأت مبكرًا فى ١٨٩٥ إجراء اختبارات وتجارب بهدف تحديد ما إذا كان من الممكن بواسطة موجات هيرتزية النقل عبر مسافة طويلة دون الحاجة إلى أسلاك توصيل، أول اختباراتى تم إجراؤها بجهاز تذبذب [يستخدم شرارات لتوليد موجات بطريقة تشبه تجارب هيرتز المبكرة]. بهذا الجهاز استطعت إرسال تلغراف إلى مسافة نصف ميل تقريبًا.

فى أغسطس ١٨٩٥ اكتشفت ترتيبًا جديدًا....

من تلغرافات غواصة: تاريخها، وإنشاؤها، وعملها، بواسطة تشارلز برايت، ١٨٩٨ :

نجح ماركونى فى تشغيل نظام رنان.. على بعد تسعة أميال تقريبًا، وكان... أحدث شىء فى مجال الاتصالات التلغرافية بالحث.

يقوم تلغراف ماركونى اللاسلكى على مبدأ تحويل الموجات الهيرتزية لكى تكون مناسبة لنقلها ... بواسطة شرارات...

من «نقل الإشارات خلال الفضاء دون أسلاك»، محاضرة عامة لسير و. هـ. بريس، المعهد الملكى، لندن، ٤ يونيو ١٨٩٧ :

فى يوليو العام الماضى أتى السيد ماركونى بخطة جديدة إلى إنجلترا. يستخدم السيد ماركونى موجات كهربائية أو هيرتزية.. واخترع مُرحّلاً جديداً.. تم نقل إشارات باهرة عبر قناة بريستول.

محاضر الجمعية الملكية، ٢٨ مايو ١٩٠٣ :

النجاح اللافت للنظر لماركونى فى إرسال إشارات عبر الأطلسى يدل على انحناء الموجات حول الأرض المنتفخة إلى الخارج.

....

كانت الإشارات التى أرسلها ماركونى نوعًا قويًا ببساطة من الموجات غير المرئية - التموجات فى المجالات الكهربائية والمغناطيسية - التى أنتجها هيرتز فى مختبره، حيث إنها "تشع" radiate إلى الخارج، تم التوقف عن تسميتها موجات هيرتزية وأصبحت تسمى موجات "راديو" radio.

....

من الموسوعة البريطانية، الطبعة الحادية عشرة، ١٩١٠ :

يتم الآن استخدام محطات الطاقة العالية للاتصال عبر الأطلسى، ويمكن إرسال رسائل فى النهار كما فى الليل.... الإرسال التلغرافى بالموجة الهيرتزية، أو "الإرسال التلغرافى بالراديو"، كما يتم تسميته أحيانًا، احتل مكانة ذات أهمية بالغة بالنسبة للاستراتيجية البحرية والاتصال بين السفن.

رسالة استقبلتها السفينة البخارية أوليمبك SS Olympic ، على بعد ١٤٠٠ ميل من الساحل الشرقى للولايات المتحدة، ١٤ إبريل ١٩١٢ :

... ... / .__.__ .. /__ __ __ __ __ .__ .. /__ .__ .__ .__/.__.__ .. .__ .__ .. __ .__ __

.__ ...__ .__ .__ .. /__ __ .. __ .__ .__ .__ .. .. /__ __ .__ .__ .__ .... .

[تُقرأ الرسالة بأن "اصطدمت السفينة إس. إس. تيتانيك بجبل جليدى. وغرقت بسرعة". والتقطها مشغل شاب للتلغراف، هو دافيد سارنوف David Sarnoff، فى متجر واناميكر الكبير فى فيلادلفيا].

....

بدأ الكثير من المخترعين والأطراف الأخرى المهتمة بتخيل طرق جديدة لاستخدام هذا الجهاز الجديد.

....

تقرير من دافيد سارنوف، مشغل التلغراف السابق، إلى نائب رئيس شركة ماركونى للتلغراف اللاسلكى لأمريكا إدوارد ج. نالى، ١٩١٥ :

لدىّ فكرة عن خطة تطوير قد تجعل الراديو "أداة منزلية" مثلها مثل البيانو....الفكرة هى إدخال الموسيقى إلى البيت دون أسلاك... يمكن تصميم المستقبل على هيئة "صندوق موسيقى راديو" ويتم إعداده لعدة أطوال موجات مختلفة، تكون قابلة للتغيير بتحريك مفتاح واحد أو الضغط على زر واحد.

لو أن مليون عائلة فقط فكرت جيداً فى هذه الفكرة، سوف تكون... النتيجة إيراداً كبيراً.

....

تم رفض مفكرة سارنوف. وبعد عقد، فى عشرينيات القرن العشرين، كانت مبيعات أجهزة المذياع للشركة التى أسسها - آر. سى. إيه. RCA - قد جعلتها إحدى أقوى الشركات الصناعية فى العالم.

حوّل جهاز المذياع كل بلد ظهر فيه، رغم أن التلغرافات والهواتف كانت ترسل رسائل بسرعة فائقة، كانت لا تزال تربط فقط شخصًا واحدًا بآخر. مع ذلك، لم تكن موجات المذياع محصورة فى السلك النحاسى الضيق، وحيث إن الطبيعية الفيزيائية لهذه الموجات هى أن تنتشر فى كل الاتجاهات، أرسل المذياع معلوماته على نطاق واسع بحيث أصبحت كلمة البث الإذاعى broadcasting طريقة شائعة لوصف هذه الظاهرة الجديدة.

فجأة، أصبحت الماركات القومية أكثر رواجًا بكثير لدى المتسوقين، وجذبت الفرق الرياضية المحلية بشكل متزايد قاعدة من المتحمسين - بل أصبح الهوس بالشهرة - كما هو الحال مع نجوم هوليوود - أكثر انتشارًا. شعر المستمعون بالبث الإذاعى كما لو كان موجهًا بشكل شخصى إليهم.

وتغيرت السياسة أيضًا.

....

أدولف هتلر Adolf Hitler ، مين كامبف :Mein Kampf

كان على كل الدعاية أن تروق للناس، وعلى مستواها الثقافى أن يوضع حسب قدرة الاستقبال لدى الأشخاص الأكثر محدودية من بين أولئك الذين من المنتظر أن تخاطبهم هذه الدعاية نفسها. كلما زاد حجم كتلة البشر الذين يمكن الوصول إليهم، كلما وجب تخفيض المستوى الثقافى لا غير.. حتى من أكثر الأكاذيب وقاحة سوف يبقى شىء ما دائمًا.

....

فى أمريكا، ظل المحرضون الذين استخدموا الإذاعة لنشر رسالتهم أقلية دائمًا. لكن فى اليابان وفى الكثير من البلدان الأوروبية كان الأمر مختلفًا: كان الاستخدام الإبداعى للحزب النازى للإذاعة عاملاً أساسيًا فى نجاحهم الانتخابى فى السنوات التى أدت إلى ١٩٣٣.

مع ثلاثينيات القرن العشرين، بدأ قادة الدبابات الألمان إعطاء الأوامر بالإذاعة للتشكيلات الضخمة المدرعة والجوية لتدمير بلدان مجاورة. وبدأت قلة من الباحثين فى البلدان الأخرى يتساءلون حول ما إذا كانت القوة المجسدة فى موجات الراديو يمكن أن تكون كافية لمنع الآلات الحربية للعدو من الاقتراب، وأرادت الحكومة البريطانية بشكل خاص أن تعرف ذلك. وكانت البحرية المكلية قد حمت البلد منذ زمن بعيد بواسطة البحر. هل من الممكن استخدام موجات الراديو لحماية الهواء؟

....

من أ. ب. رو A. P. Rowe ، سكرتير لجنة الاستطلاع العلمي للدفاع الجوى، إلى هـ. ت. تيزارد H. T. Tizard ، زميل الجمعية الملكية، مدير الكلية الملكية، ٤ فبراير ١٩٣٥ :

عزيزى السيد تيزارد،

نسخة من تقرير سرى أعده السيد واطسون واط عن الاستخدامات الممكنة للإشعاع الكهرومغناطيسى للدفاع الجوى، مرفقة ضمن هذا الخطاب.....

الفصل السابع

الطاقة فى الهواء

ساحل سافولك، ١٩٣٩، وبونيفال، فرنسا، ١٩٤٢

كان الكثير من التقنيين قد توصلوا بالمصادفة إلى الرادار منذ سنوات، لكن الأوائل منهم وجدوا أنه من المستحيل أن يصدقهم رؤساهم. فى سبتمبر ١٩٢٢، على سبيل المثال، كان ألبرت تايلور Albert Taylor وليو يونج Leo Young من بحرية الولايات المتحدة يحاولان إرسال إشارة راديو بسيطة عبر نهر بوتوماك، لكنهما ظلا يحصلان على نوع من التداخل. نظرا فإذا بسفينة بخارية فى الطريق، ومع ذلك عندما حاولا الحصول على تمويل لبحث هذه الظاهرة، قوبلا بالسخرية: كيف يمكن أن يكون لسفينة بخارية كبيرة الحجم تأثير على موجات الراديو الشبحية منعدمة الوزن؟ كانت هناك تقارير عن ظواهر مماثلة فى روسيا، وفرنسا، وأغلب الأماكن الأخرى حيث كان يتم استخدام الراديو كثيراً، لكن رد الفعل كان دائمًا هو نفسه تقريباً.

لم يساهم فى ذلك الأمر بسبب أن تقنيى الراديو يميلون لأن يكونوا من النوع الهادئ. لكن لحسن حظ بقاء بريطانيا، والعالم المتحضر بالفعل، كان هناك خبير راديو واحد على الأقل يهيمن من الناحية الشخصية. كان اسمه روبرت واطسون واط[٢٠] Robert Watson Watt، وكان يمكن العثور عليه فى ١٩٣٥ وهو يعمل فى الامتدادات الموحشة لمحطة أبحاث الطقس التابعة لمختبر الفيزياء القومى، بالقرب من المدينة الإنجليزية الموحشة أيضًا سلوف. كان الشاعر جون بيتجيمان John Betjemanيحب جنوب إنجلترا، لكن بعد أن عرف سلوف، جاءه حتى الإلهام، الشهير، ليكتب:

تعالى، أيتها القنابل الصديقة، واسقطى على سلوف

..... وفجرى إلى فتات

تلك المقاصف العسكرية مكيفة الهواء المضيئة...

السليل المباشر لجيمس واط الذى أبدع المحرك البخارى، هو واطسون واط الذى كان طالبًا واعدًا فى إسكتلندا، لكن الأمور لم تكن قد تم اكتشافها منذ ذلك الحين. كان زواجه قد مر عليه زمن طويل منذ تضاءل إلى ضجر ("كنت.... شريكًا ثقيل الظل، باهتًا فى البقية الضئيلة من الساعات الأربع والعشرين التى لم يكن يتم احتكارها فى العمل والنوم")، ويكاد يكون كل شيء آخر على نفس المستوى ("طولى خمس أقدام أو ست أقدام، قصير سمين لو كنت ترغب فى أن تكون قاسيًا، سمين ملتف لو كان لديك القليل من التسامح، شيء من عالم أرصاد جوية... وموظف مدنى لمدة ثلاثين عامًا").

هذا البند الأخير كان هو المشكلة، حيث كانت عائلته ذات تراث عظيم، لم يكن واطسون واط يتخيل قط أن ينتهى به الأمر لأن يكون فى منتصف العمر ذا دخل متوسط، وليس له حتى شهرة متوسطة، هناك على حواف المصالح الحكومية للأبحاث، على بعد أميال من لندن.

وعندئذ، فى يناير ١٩٣٥، سقط طلب فى طريقه، من السماء، أو بالأحرى - وهو ما يبدو طيبًا بنفس المقدار - من وزارة الطيران فى لندن. شخص على اتصال هناك سأله حول ما إذا كانت هناك أية حقيقة فى الإشاعة عن أن "أشعة الموت" الشريرة يمكنها الانتشار من مرسلات راديو إلى أية طائرة. كان السؤال فى حد ذاته من السهولة بحيث يمكن الإجابة عنه بالنفى، حيث إن موجات الراديو بالغة الضعف حتى إنها لن تدمر طائرة كبيرة الحجم، لكن واطسون واط لم يكن ليدع الأمر يمر بهذه السهولة.

كان يعرف أنه لحظة إعادته للرد، فإن الباب الذى كان مفتوحًا لمدة وجيزة مع وزارة لندن سوف يغلق، وسيظل باقيًا فى سلوف، ربما إلى الأبد. لكن لو تلاعب بالفكرة وتوصل إلى شيء أفضل - فمن يعرف؟ - ربما يتم استدعاؤه بشكل منتظم إلى لندن. ستكون هناك رحلات مدفوعة التكاليف بالكامل بالسكة الحديدية، والبيانات

الموجزة عن الرحلات التى يمكنه تقديمها بتواضع، والأشخاص الأعلى مرتبة الذين سيقابلهم، وربما تقدم ما فى المرتبة.

ما نتج بالفعل عن استجابته للاستفسار غير الرسمي – بعثات قمة بالغة السرية إلى واشنطن، وبيانات موجزة عن الرحلات لتشرتشل، إنعام بالفروسية من الملكة، وتمويلات هائلة من بلد منتصرة – كانت بعيدة عن تخيلاته. لكن بالنسبة لذلك الوقت، فى يناير الرطب هذا من عام ١٩٣٥، كان عليه بالفعل أن يصل إلى شىء مهم يقدمه لوزارة الطيران فى لندن، وكان هذا الأمر يمثل مشكلة، رغم أن واطسون واط كان يشعر بالفخر تمامًا، كان صادقًا أيضًا بالأحرى مع نفسه. أدرك أنه رغم كونه عالم طقس جيدًا بما يكفى، كان، بتقديراته المحزنة، "عالم فيزياء من الدرجة الثانية" فى أحسن الأحوال و"عالم رياضيات من الدرجة السادسة".

كان قد كوّن صداقات، مع ذلك، مع زميل فى مكتبه، أرنولد ويلكنز Arnold Wilkins، الذى لم يكن فى سلوف زمنًا طويلاً يكفى لأن يصنف نفسه فى الدرجة الثانية. كان ويلكنز ذكيًا لحساب ما قد يحدث أيضًا، إذا تم إرسال موجة راديو فى اتجاه طائرة قادمة، الموجات غير المرئية التى كان فاراداى وماكسويل وهيرتز يعتقدون فى وجودها – تلك السجادة السحرية التى تشبه التموجات فى مجال القوة – لن تحمل ما يكفى من القوة لصهر الطائرة أو إصابة الطيار، لكن هل يمكنها أن تصنع شيئًا آخر؟

فكر ويلكنز فيها وأدرك أنها يمكن أن تقدم طريقة لاستخدام طائرة العدو ضد نفسها. من تدريباته الأصلية فى الفيزياء، عرف ويلكنز شيئًا مهمًا حول المعدن و، بشكل خاص، حول ما قد يحدث داخل معدن هيكل طائرة. وكان لدى واطسون واط بعض التدريب فى هذا المجال، لكنه لم يكن بنفس المهارة فى الحسابات، وكان هذا وراء قيادة ويلكنز للطريق.

بالعودة إلى زمن فاراداى ووليام طومسون، كانت هناك قلة فقط من علماء النظريات تخيلوا أن الموجات غير المرئية يمكنها التأثير على المواد الصلبة العادية وجعلها تتحرك. كان هذا مناسبًا تمامًا، حيث إنه عند عدم توافر جسيمات مشحونة

منفصلة - عندما تكون كل الشحنات قد تم ابتلاعها فى جماعات متوازنة داخل ذرة كما هو الحال فى الأشياء العادية من حولنا - لن يكون لدى القوى الكهربائية والمغناطيسية ما تنغلق عليه بإحكام. (الجاذبية، بالعكس، ليس لها أجزاء مناقضة يمكن أن تتوازن فى حيادية، لذلك يمكن ملاحظتها دائمًا).

رغم ذلك، فإنه فى وقت تعاون ويلكنز وواطسون، كان قد أصبح من الواضح سبب عمل التأثيرات الكهربائية. فى الثلاثينيات كان يتم التفكير فى الذرة على العموم باعتبارها مجموعة شمسية مصغرة، فى مركزها نواة كبيرة ثقيلة، مثل شمسنا. وفى الخارج تدور فى مدارات بعيدة، إلكترونات تشبه كواكبنا. وموجات الراديو هى مجرد تموجات فى مجال كهربائى ومغناطيسى ممتد، لذلك عندما تتحرك موجة راديو أو ما يشبهها فى حركة دوامية حول ذرة معينة، فإنها تحاول سحب بعض من هذه الإلكترونات وتحريرها.

غالبًا لا يكون للموجة أية تأثيرات، حيث إن الإلكترونات فى أجسادنا تكون بشكل عام محجوزة بشكل محكم بالنواة فى مركز ذراتنا، لذلك تكون أجسادنا غير مرئية بالنسبة لأغلب هذه المجالات. ستندفع أية موجة راديو مباشرة من خلالنا، وبالنسبة لموجات الراديو، نكون أشباحًا. حتى الذرات داخل صخرة أو قوالب قرميد عادية تكون مبنية بطريقة تجعل موجات الراديو تنطلق خلالها، وهذا هو سبب أننا نستطيع استخدام هاتف خلوى داخل البيت.

المعدن أمر مختلف. الذرات فى الحديد أو الألمنيوم مبنية بشكل أكثر تحررًا، وهى تشبه المجموعات الشمسية التى لا تهتم بشكل خاص بكواكبها الأكثر بعدًا. رغم أن أغلبية إلكترونات هذه الذرات تظل فى المدار، تكون الإلكترونات الأبعد حرة. يمكن النظر إلى شريحة من هذا الألمنيوم اللامع باعتبارها مجرة من عدة مليارات من النجوم لديها جميعًا كواكب تدور بالقرب منها، لكنها تترك الأكثر بعدًا تهرب. يبدو الأمر كما لو أن ما لا يحصى من كواكب نبتون وبلوتو المشحونة كهربائيًا تطفو حرة بين النجوم فى هذه المجرة، يصاحبها لاجئون من المجموعات الشمسية الأخرى [٢١].

هذا ما يشبهه الجناح المعدنى فى أية طائرة، عندما تنقض موجة راديو على إحدى هذه المجرات المصغرة فى معدن طائرة، قد تناضل قليلاً الإلكترونات الأكثر عمقًا فى كل منظومة شمسية مصغرة، لكن لا يتم ضربها بعيدًا جدًا. لكن الإلكترونات الأكثر بعدًا، الإلكترونات الشاردة، المنعزلة، اليتيمة، تلك التى تطير حرة فى المجرة المصغرة، فتلك حكاية مختلفة. موجة الراديو التى تطير خلال المعدن "تنتزعها"، ولها ما يكفى من القوة لكى تبدأ سحبها بشدة بصحبتها.

عندما يحدث ذلك داخل جهاز استقبال معدنى بالغ الصغر مثل ذلك الموجود فى هاتف خلوى، تبدأ الإلكترونات المعزولة فى الارتعاش، ويتم تكبير هذا الارتعاش، ويتم نقل معلوماتنا المهمة - مثل "هاى، أنا فى السيارة!". لكن ويلكنز أدرك أنه عندما تضرب موجة راديو امتدادًا أكبر كثيرًا من المعدن، يكون التأثير أكثر قوة.

فى طائرة للعدو هناك ياردات وياردات من مثل هذا المعدن المنتظر معرضة لذلك. وأية موجة راديو نرسلها فى اتجاهها تسارع الإلكترونات الحرة المتحركة هناك. وكل إلكترون يكون محاطًا دائمًا بمجال قواه الخاصة. لو ظل هذا الإلكترون ساكنًا سيكون مجال القوة ساكنًا بالمثل ولن يتم إنتاج أية إشارة من جناح الطائرة، ولكن عندما نجعل الإلكترون يتماوج من جانب إلى آخر، يتماوج مجال القوة هذا أيضًا. (هذا ما كان قد أدركه ماكسويل وهيرتز).

بتوجيه جهاز إرسال راديو إلى الطائرة المستهدفة، يمكن جعل تريليونات وتريليونات من الإلكترونات تتماوج فى تناغم وتقوم بدور أجهزة إرسال راديو على هيئة فقاعات بطريقتها الخاصة. بعبارة أخرى، بإطلاق موجات راديو غير مرئية، يمكن لويلكنز إرغام طائرة العدو على أن تصبح محطة إرسال طائرة![٢٢] تتحول الطائرة بأكملها إلى هوائى لا يمكن إغلاقه.

رغم ذلك، كان السؤال الكبير هو ما إذا كان الإرسال بالقوة الكافية لرصده، لأن السماء ضخمة بينما موجات الرادية صغيرة. قد يتبعثر أغلب موجات الراديو التى تم توجيهها إلى الخارج وتخطئ الطائرة، أو تكون بالغة الضعف عندما تصل إليها. قام

ويلكنز بالحسابات، لكن رغم أن الموجة المنطلقة قد تتبعثر على نطاق واسع، بحيث يكون جزء من ألف فقط من قوتها متوافراً ليسحب بشدة إلكترونات المعدن فى جناح على بعد أربعة أميال، قد يظل هذا كافيًا. من جديد، كانت الإلكترونات بالغة الصغر هى التى تسمح لذلك بأن يحدث. وأوضح ويلكنز أنه حتى تلك الموجة المبعثرة يمكنها إنتاج ٦٠ كدريليون (٦٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠) إلكترون تبدأ فى التحرك بسرعة إلى الأمام وإلى الخلف كل ثانية عند أية نقطة على جناح الطائرة. يمكن أن تكون موجات الراديو غير المرئية هذه المتولدة بإلكترونات هذا الجناح والمتحركة بسرعة وقوة بحيث يمكن رصدها عائدة إلى الأرض. (الطائرة الخفية، التى تم ابتكارها بعد ذلك بعدة عقود، تتجنب الرصد جزئيًا لأن الطلاء المستخدم لا يسمح بدخول طاقة الرادار فى الغشاء المعدنى للطائرة، وجزئيًا لأن أسطح الطائرة ملتفة بزاوية تجعل كل ما تعكسه يتوجه بعيداً عن جهاز الإرسال الأصلى).

أشرف واطسون واط على عمل ويلكنز، وهو أمر، كان من العدل أيضًا أنه عندما تعود المفكرة إلى وزارة الطيران فى لندن، كان واطسون يشير إليه بسخاء على أنه متعاون مهم. لكن كان اسم واطسون واط، وحده، هو الذى صعد إلى القمة.

لم يكن ويلكنز يهتم، كان سعيداً بأن يكون له دور أقل شأنًا، لأنه عرف شيئًا عن واطسون واط كان الموظفون الكبار فى هوايتهول يعرفونه. حيث كان واطسون واط يحب أن يتكلم – لا، ليس فقط أن يتكلم، بل كان يحب المجادلة، التفكير كلاميًا، يحب الثرثرة وأن يغمر ويقهر بشكل عام أى شخص قريب منه بطوفان من الكلام. فى قضية أمام المحكمة حول حق الابتكار، حيث وصلت ملاحظاته الهائلة المرتجلة إلى ثلث مليون كلمة، لاحظ واطسون واط أنه "من المراوغة ترك أى انطباع بأننى لا أتمتع بهذه الخبرة".

والآن، تواقًا إلى متابعة هذه الفكرة التى قد تحرره من سلوف، اندفع فى تنفيذ المهمة. أرسل مذكرات إلى لندن، ثم مفكرة ثانية ("رأيت أنه من المرغوب فيه أن أرسل [هذه]على الفور ولا أنتظر...."). قابل واط الموظف المدنى اللطيف مدخن البيبة أ. ب. رو A. P. Rowe، الذى كان قد بدأ بالاستفهام، ثم ارتفع إلى ما هو أعلى، بالغداء مع

رئيس رو، هنرى ويمبيريس Henry Wimperis، فى نادى أثينيوم Athenaeum. ثم بعد ذلك بوقت قصير إلى حد ما، اهتم الأفراد الأعلى مرتبة - أفراد أعلى بكثير - بما كان يقترحه واطسون واط.

ساعد على ذلك أنه كان لدى بريطانيا قلة من الطرق البديلة للدفاع ضد الغارات الجوية الألمانية. فى الحرب العالمية الأولى، كان يتم وضع أشخاص عميان ذوى قدرة ممتازة على السمع تحت ما يتوقع أن يكون ممراً لقاذفات القنابل جوتا، وطلب منهم حمل سماعات أطباء متصلة بأبواق ضخمة تشبه أبواق الجراموفون (الحاكى) الضخمة Victoria. والأكثر حداثة، فى بداية الأربعينيات، كان "أذناً" عملاقة أسمنتية، طولها مائتا قدم وارتفاعها خمس وعشرون قدماً، تم بناؤها على مستنقعات بالقرب من نهر التيمز، موجهة عبر القنال، من حيث قد تظهر طائرة العدو. لم تكن أى من هاتين التقنيتين تعمل بشكل جيد. الفرصة الوحيدة للنجاح كانت توليد تموجات فى مجالات القوى الكهربائية غير المرئية التى تمتد إلى الخارج من الإلكترونات المشحونة فى أجهزة الإرسال. يمكن لهذه الموجات الاستمرار فى التموج إلى الخارج، ولديها طاقة كافية لخطف الإلكترونات وإعادة توجيهها فى معدن المسطحات القادمة.

يبدو الأمر كما لو كان خيالاً علمياً، لكن خلال ثلاثة أسابيع، كان واطسون واط قد أقنع ويمبيريس، ورو، وأى شخص آخر فى مرمى سمعه بأن الوقت مناسب لاختبار كامل. لم يكن فى حاجة إلى أية تجهيزات خاصة. يمكن أن تكون طائرة "العدو" أى قاذفة قنابل RAF عادية، ويمكن أن تكون محطة إرسال الراديو ببساطة أحد هوائيات BBC Empire القوية فى دافنترى فى نورثهامبتنشاير، التى كانت تبث بالفعل بشكل منتظم، وأوسلوسكوب لرصد الموجات التى سوف تندفع عائدة بسرعة مع إلكترونات قاذفة قنابل يمكن استعارتها من معهد أبحاث.

فى تلك المرحلة كان واطسون واط يعرف أنه ليس عليه فقط إقناع الطاقم العلمى فى الوزارة - الذين سيكونون متسامحين مع المشاكل المتغيرة - ولكن أيضاً قادة العمليات، وبشكل خاص، مارشال الجو الأعلى المتشكك إلى أقصى حد «هاف دودنج» Hugh Dowding، المعروف حتى لدى أصدقائه بأنه "متزمت". ولقد واجه عدد كبير من الأسلحة التى كانت تعد كما يبدو بقوة سحرية فى الدفاع عن بريطانيا، طريقة دودنج

التشككية، وفشلت كلها فى اختبارات التشغيل. كانت موارده بالغة الضآلة حتى إنه لم يكن ليراهن على مساندة الشخص الخطأ.

مبكرًا فى ٢٦ فبراير ١٩٣٥، طارت قاذفة القنابل RAF متخطية المراقبين المجتمعين فى حقل عشبى بالقرب من جهاز إرسال BBC كان واطسون واط قد أضاف بهدوء شريحة متدلية بالغة الطول من المعدن على الطائرة للتأكد من أن الإثبات ناجح). تم تتبع أثر الطائرة على مسافة ثمانية أميال. عند انتهاء الاختبار، استدار واطسون واط إلى أحد موظفى الوزارة، و- فى ما يبدو كأحد لحظاته المسجلة للإيجاز - قال، "أصبحت بريطانيا جزيرة من جديد".

لم يعرف دودنج أنه تم تجهيز الاختبار الأول - كانت خبرته بنظرية الإلكترونات فى المعادن مثل خبرته بأنواع الأحرف الصوتية عتيقة الطراز فى الصربية الكرواتية - لكنه لم يكن يعرف أن هذا الرجل المتبجح الموثوق فيه بسخف من سلوف كان يجعل أشياء تحدث لم يستطع أحد أن يجعلها تحدث من قبل. كان لقاذفة القنابل RAF ميزانية محدودة، ولاستحقاق الطائرة المقاتلة جزء صغير منها، لكن رغم ذلك، خلال بضعة أسابيع كان دودنج قد حوّل ما يكافئ أكثر من مليون دولار إلى واطسون واط. كانت مهمته الوحيدة أن يكتشف المزيد عن كيفية عمل هذا "الرادار" لمصلحة بريطانيا، ثم توسيع كيفية بناء محطات رادار عملية. (لم تكن كلمة رادار قد تم سكها بالفعل حتى ١٩٤١، عندما توصل إليها موظفان من البحرية الأمريكية باعتبارها اختزالاً لـ "رصد الراديو واستكشافه radio detection and ranging". فى ١٩٣٥ كان يتم استخدام التسمية الأقل إيحاءً "العثور على اتجاه الراديو"[٢٣]، حتى لا يتم إعطاء الكثير جدًا من المعلومات للعدو).

لكن رغم دعم قاذفة القنابل RAF، احتاج واط، مثله مثل أى لامنتمٍ، إلى حامٍ أقوى فى بيروقراطية الحكومة. وحيث إن مفكراته الأولى كانت قد طافت فى أروقة هوايتهول، انتهى بها الأمر، لحسن الحظ، إلى أن يلاحظها هنرى تيزارد Henry Tizard العطوف، وهو مدير عظيم، كان تيزارد الذى تم اختباره جويًا فى سوبويز كاميلر فى الحرب العالمية الأولى، محاضرًا فى الديناميكا الحرارية فى أوكسفورد، ثم ترأس

إمبريال كولدج، وكان - وهذا أعظم فائدة للمعارك البيروقراطية القادمة - ملاكمًا مشاكسًا ممتازًا فى الوزن الخفيف فى شبابه.

كانت هناك لحظة خطر بشكل خاص بالنسبة للمشروع، عندما أعطت التوترات البرلمانية لمدة وجيزة تشرتشل المزيد من التأثير على الحكومة. كان تشرتشل حريصًا على زيادة الدفاعات ضد ألمانيا بالطبع، ولكن عندما كان الأمر يتعلق بالعلم، كان يعتمد بالكامل على نصيحة فريديريك ليندمان Frederic Lindemann - الغاضب الذى تستحوذ عليه المنزلة الرفيعة والأكاديمى السابق الذى كان يستطيع أن يكون ظريفًا بوداعة عندما يرغب فى ذلك، وكانت لديه براعة جعلت الأشخاص فى الطبقة العليا يشعرون بأنهم بحكمة أعظم المفكرين، وحيث إن التعليم العلمى الخاص لتشرتشل لم تصل مستويات بداية القرن التاسع عشر، لم يكن لديه طريقة لإدراك عدم كفاءة ليندمان.

دفع تشرتشل ليندمان إلى لجنة تيزارد، وفجأة أوضح ليندمان أنه عرف حقيقة أن دفاعات الرادار العصرية التى كانوا يخططون لها لن تعمل أبدًا بكفاءة. ولم يكن ذا فائدة أن ليندمان وتيزارد عندما كانا باحثين شابين، فى زيارة لبرلين فى ١٩٠٨، كانا قد وافقا ذات مرة على حسم نقطة لقب الشرف على حلقة الملاكمة. كان ليندمان رجلاً طويلاً ولم يكن يطيق أن يلكمه تيزارد النحيف مرارًا، ورفض مصافحته بعد ذلك. والآن فى لندن، أبطأ ليندمان الإنشاءات التى كان واطسون واط يعدها لعدة أشهر، حتى دبر تيزارد، خلال المزيد من المناورات البيروقراطية التى كانت لاتزال بارعة، ليحمل ليندمان على الرحيل. خلق عدوًا خطيرًا مدى الحياة، لكنه حتى ذلك الوقت كان قد مهد الطريق أيضًا لواطسون واط لكى يتابع عمله.

فى وقت أزمة ميونيخ ١٩٣٨، بينما كان صوت الفوهرر الصارخ يتفجر من الإذاعات الألمانية، والإشارات التى تحملها كلماته تتماوج إلى الخارج - تمامًا كما كان على مايكل فاراداى أن يتنبأ منذ قرن مضى - كانت بعض هذه الإشارات من الإذاعة قد تجولت بعد ذلك بوقت قصير عبر خمس منشآت ضخمة جنوب إنجلترا. كانت تلك أول سلسلة من الرادارات الوطنية: كان لمعظم المحطات أجهزة إرسال معدنية طويلة، مثل أبراج الضغط العالى الكهربائية الكثيفة، بارتفاع ٣٥٠ قدمًا، وكان ارتفاع أبراج

الاستقبال ٢٥٠ قدماً، وكانت مبنية من الخشب فى معظم الأحوال. مع صيف ١٩٣٩ كانت هناك عشرون محطة مشابهة، مركزة فى جنوب شرق إنجلترا، ولكن مع قلة منها متناثرة فى الطريق إلى إسكتلندا . من كل جهاز إرسال، كانت تسرع خارجة موجات طويلة متموجة. وخلال أزمة ميونيخ، كانت أجهزة الإرسال قد أرسلت تلك الموجات لمتابعة طائرة رئيس الوزراء تشمبرلين إلى مسافة تقترب من مائة ميل من الساحل البريطانى، بعد وقت طويل من خروجها من المجال المرئى. والآن، مع اقتراب الحرب، كان استخدام أجهزة الإرسال يتزايد لكى يتم أيضًا التعرف على الطائرات البريطانية البعيدة، التى كانت تحاكى المسارات التى قد تتخذها الطائرات المقاتلة وقاذفات القنابل الألمانية.

كان لدى القوات الألمانية المسلحة بعض التلميحات عن ما يحدث، لكنها لم تحصل قط على صورة كاملة، لأن الأقسام المختلفة فى الحكومة الألمانية لم تكن تتكلم مع بعضها البعض كثيراً . عندما قرر فى النهاية ضابط فى القوات الجوية الألمانية Luft-waffe يسمى الكولونيل فولفجانج مارتينى Wolfgang Martini سبر أغوار الدفاعات البريطانية فى أشهر زمن السلام الأخيرة فى ١٩٣٩ (بمحاولة الإنصات إلى أى إشارات راديو قد تبثها شبكة رادار)، كان الأكثر فائدة لبريطانيا أنه عزم على أن يكون بالغ الدقة. كان هذا يعنى أن عليه أن يحمل الكثير من الأجهزة الثقيلة، لذلك استخدم منطاد زبلن عملاقًا لهذا العمل. (كان منطاد جراف زبلن LZ-130، المنطاد الشقيق لـ LZ-120 Hindenburg، الذى انفجر فى أمريكا منذ سنتين فقط).

لم يختر طريقة أفضل لتوجيه موقعه إلى الموقع البريطانى، كان يتم تغليف منطاد زبلن بدهان ورنيش ألمنيوم لماع، والألمنيوم معدن، مما يعنى أن سطح زبلن يتكون من مئات من الأقدام المربعة من إلكترونات حرة التجاذب، وهى تمثل هدفًا مثاليًا معلقًا بشكل ملائم فى الهواء. أولى إشارات من محطات الرادار البريطانية ضربت زبلن حتى قبل عبوره للقنال الإنجليزي. على الفور بدأت الإلكترونات فى جلد زبلن المدهون بالألمنيوم التذبذب من جانب إلى آخر، ومن ثم بدأت تطلق إشارات راديو مصغرة تماماً كما تنبأ ويلكنز. بينما كان زبلن يختفى متدحرجًا فى السحب خلال مهمته الاستطلاعية مرتفعًا ومنخفضًا على الساحل، كانت أغلب السوارى العالية للسلسلة

الوطنية للمحطات لا تزال هادئة، لا تعطى أى أثر لعملها. وعندما تم إرسال آخر تقرير استخبارات لقوات الجو الألمانية عن التأهب البريطانى، فى يوليو ١٩٤٠، لم يذكر شيئًا عن نظام السلسلة الوطنية Chain Home.

مع صيف ١٩٤٠، كان الجيش الألمانى قد غزا أغلب أوروبا الغربية وكان جاثمًا على حافة القنال الإنجليزى، يتحرق شوقًا على بعد قصير، هو مجرد بضعة أميال عن بريطانيا نفسها. كانت البحرية الألمانية تجمع أسطول غزو ضخمًا، لو عبر القنال بنجاح لأمكن إلى حد كبير تجاوز عدد الوحدات المسلحة البريطانية القليلة التى نجت. (كان الكثير من الدبابات البريطانية قد تم تدميرها أو تركها فى الخلف فى فرنسا). كان من المرجح إعدام تشرتشل، إذا لم يهرب إلى كندا، وكان لدى المدراء الألمان لوائح مسهبة لليهود المشهورين، والنقابيين التجاريين، ورجال الدين، وغير المرغوب فيهم الآخرين الذى سيتم قتلهم أيضًا.

وكان على البحرية الملكية أن تفعل أقصى ما فى وسعها لكى تمنع الغزو، لكن دون مراقبة الجو، كانت هناك فرصة ضئيلة لأن تتمكن من النجاح إلى ما لا نهاية. كانت قاذفة القنابل RAF هى الحاجز المهم لتقدم ألمانيا - لكنها بدت ضعيفة بالفعل. وكان الإنفاق منخفضًا على مقاتلة المراقبة، لذلك رغم توافر عدد كاف من الطائرات الممتازة، لم يكن هناك ما يكفى من الطيارين المدربين لجعل دوريات الاستكشاف تدور فى الجو. كان على هتلر أن يتخلص فقط من هذه القاذفات ليتمكن من الغزو، لم يكن من المتوقع أن تستمر الغارات الجوية أكثر من شهر، كما حسب أعلى الضباط الألمان. يمكنهم البدء فى ١٣ أغسطس ١٩٤٠ - ألدر تاج Alder Tag أو "يوم النسر".

نحو الساعة الخامسة والنصف بعد الظهر، رصد العاملون فى محطات الرادار فى أقصى شرق بريطانيا تشكيلاً جويًا ألمانيًا يتجمع فوق أميين Amiens فى فرنسا. وبعد قليل كان هناك تشكيل آخر فوق دييب، ثم ثالث شمال شيربورج. كان لدى الطيارين الألمان من الأسباب ما يكفى للظن بأن أحدًا لم يلاحظهم، لأنهم لم يكن لديهم أية طريقة لرصد الموجات الكهربائية والمغناطيسية المندفعة خلال الأجنحة المعدنية

لطائراتهم والتى ينتج عنها إشارات يتم استقبالها بدقة - خلال جزء فقط من الثانية بعد ذلك - عائدة إلى إنجلترا. لكن عندما وصلت هذه المئات من الطائرات إلى سماء إنجلترا من أجل غارة مفاجئة، كانت عشرة أسراب من قاذفات RAF فى انتظارها. وكما أوضح مراقب معاصر، "بشكل لا يكرم الضيف، أعادت لجنة الاستقبال كل أولئك الزوار عبر البحار بعيداً".

كانت تلك أفضل ساعات واطسون واط. من وقت إلى آخر، بعد أسابيع، حاولت ألمانيا إطلاق غارة مفاجئة، بحيث يكون لها ميزة فى تفوقها فى عدد الطائرات. وبعد ذلك فى أغسطس، على سبيل المثال، تظاهرت القوات الجوية الألمانية بغارة ضخمة على جنوب إنجلترا، بينما كانت ترسل مجموعة كبيرة من الأسراب التى تم تجميعها سراً من الدنمارك للهجوم على ما كانت متأكدة فى ذلك الوقت أنه شمال شرقى دون حماية. لكن عندما كانت تلك الطائرات الغازية لا تزال بعيدة فوق بحر الشمال، انقضت عليها قاذفات RAF - بطيارين قتاليين من بولندا، والنرويج ومن كل الكومنولث.

ساعد فى ذلك أنه عندما روج بعض ضباط الاستخبارات الألمان المرتابين الهجوم على ما ظنوا أنه قد يكون محطات رادار، أن القائمين على التشغيل البريطانيين، وكان أغلبهم نساء، ظلوا هادئين عند آلات الأسلوسكوب، رغم الإصابات الضخمة. لم يكن هناك تغير فى ردود فعل قاذفات RAF. تم إرباك الرقابة العليا الألمانية إلى درجة كبيرة بحيث استنتجت أن السوارى العالية المثيرة للفضول ربما لم تكن جزءاً أساسياً من الدفاع البريطانى على أى حال.

ومما ساعد على ذلك أيضاً، أن الحكومة البريطانية شجعت قصص تغطية بديلة حول نظام الدفاع. كانت هناك تقارير صحافية تم تسريبها بأن الاعتراضات الدقيقة، خاصة فى الليل، كانت تعود إلى خواص تعزيز الرؤية للجزر (التى يبدو أنها بدأت مع تقارير بأن الجزر جيد بشكل خاص لعينيك). كان هناك أيضاً تفكير سريع لدى أعضاء قاذفات. حدث أن تم إسقاط الرقيب فيليب وارينج عندما كان يطارد طائرة للعدو عائدة إلى فرنسا وتم استجوابه بعد وقت قصير من القبض عليه:

"سألنى أحد الألمان، "كيف يحدث أن تكون هناك دائمًا عندما نصل؟" قلت، "لدينا مناظير ثنائية قوية، ونراقب طوال الوقت". لم يشكوا فى ذلك على أى حال".

خلال ما تبقى من أغسطس، وحتى خلال سبتمبر، استمرت محطات الرادار فى توجيه مجموعة جديدة من طيارى قاذفات RAF الواحدة بعد الأخرى مباشرة إلى أساطيل الطائرة الألمانية المهاجمة. امتلأت السماء بتيارات من الموجات الكهرومغناطيسية المرتدة، التى توجه الطائرات البريطانية إلى الأمام، مباشرة بالقراءات من المراقبين الهادئين فى محطات الرادار. سقطت أطنان من الحطام المعدنى من السماء. وعانت قاذفات RAF من خسائر ضخمة، لكن ظلت خسائر طائرات القوات الجوية الألمانية أعلى. مع نهاية سبتمبر، بدأت عواصف الخريف فى القنال، وفى ١١ أكتوبر، تم إلى ما لا نهاية تأجيل عملية أسد البحر - الغزو الألمانى لبريطانيا المخطط له من البحر.

مع ذلك لم تستمر الريادة البريطانية فى الرادار. مع استمرار الغارات الليلية الألمانية على لندن والمدن الكبيرة الأخرى، لاحظ العاملون فى تشغيل الرادار نوعًا من الاضطراب فى تاكتيكات القوات الجوية الألمانية. كانت الطائرات الألمانية تتخذ مواقع دقيقة بشكل أسرع مما كان يحدث من قبل، حتى فى الظلام الدامس، وجاءت فى النهاية مناسبة عندما طارت القاذفات المنقضة الآتية من فرنسا مباشرة إلى مدمرة بريطانية تبعد ستين ميلاً عن الساحل وأغرقتها، رغم أنها كانت بعيدة عن النطاق المرئى.

تلك كانت أخبارًا سيئة. فقط لم يكن الألمان يلحقون فقط بالبريطانيين فى استخدامهم للرادار، لكنهم كانوا متجاوزين لهم. كانت سلسلة الرادار البريطانية الوطنية ترسل موجات طولها عدة ياردات. كان ذلك جيدًا بما يكفى للحصول على تعديل تقريبى عن الطائرات الآتية فوق القنال الإنجليزى، لكن هذه الموجات الطويلة كانت تنتشر بسرعة على مدى واسع، فاقدة الكثير من طاقتها بأن تغمر دون فائدة الأبقار، وشاحنات اللبن، والحقول المفتوحة جنوبى إنجلترا. عرف واطسون واط أن الموجات الأقصر من الأسهل توجيهها وتركيزها بشكل أكثر إحكامًا. وأدرك وآخرون

أن هذا ما يجب أن تكون ألمانيا قد استطاعت ابتكاره الآن. برهن على ذلك حقيقة أن الضباط الألمان استطاعوا الوصول على تزامن لحركات طائراتهم فى الليل وضرب السفن الحربية البعيدة بدقة عالية. لكن أين كانت ألمانيا تخفى الآلات التى تبث هذه الموجات الكهربائية الصغيرة بمثل هذا التأثير المميت؟

حتى ذلك الحين كان الرادار هو البطل - حامى الوطن. ومع ذلك بمجرد معرفة بريطانيا بأن ألمانيا تلحق بها، فإنها ستصبح ساذجة.

الفصل الثامن

طاقة منطلقة

هامبورج، ١٩٣٤

بدا غير معلن إلى حد ما حل اللغز الذى سمح بتأسيس مواقع رادار ألمانية جديدة – وبداية الأحداث التى أدت إلى استخدام موجات فاراداى غير المرئية للتدمير الهائل. ظهر ذلك فى وثيقة من ثمان صفحات على الآلة الكاتبة، أرسلها مواطن ألمانى مجهول إلى الملحقية البحرية البريطانية فى أوسلو فى ١٩٣٩. بدا التقرير من الغرابة بحيث لا يمكن أن يكون صحيحًا، حيث إنه كان يصف أنشطة بعيدة عن أى شىء فكرت فيه بريطانيا. كانت هناك روايات عن أبحاث تأسست فى جزيرة بعيدة فى البلطيق حيث تمت صناعة طائرات على هيئة طائرات شراعية ذات دفع نفاث، مع وصف ليس فقط لنظام رادار واحد ولكن لنظامين أكثر تقدمًا بكثير عن أى تقدم أحرزته بريطانيا فى هذا المجال. عندما تمت ترجمة الطرد وتوزيعه فى لندن، ظن شخص واحد أنه من المجدى الاحتفاظ به.

مع ذلك، كان هذا الشخص هو ريجينالد ف. جونس Reginald V. Jones، الشاب حسن المنظر جدًا البالغ من العمر ثمانية وعشرين عامًا. رغم أن تدريبه الرسمى كان فى علم الفلك والفيزياء، كان قد تخرج من كلية باليول فى أكسفورد، حيث من المفترض توفر خلفية واسعة، وكان يتم تعلم أن أى رأى يتم استقباله يستحق التحليل. أدرك أن المدراء النازيين كانوا بالغى الشك تجاه بعضهم البعض بحيث كان من الممكن تمامًا – واتضح أن هذا صحيح بالفعل – أن عدة فرق أبحاث ألمانية كانت تعمل على الرادار دون أن ينتبه إلى ذلك الموظفون الأساسيون فى القوات الجوية الألمانية. والآن، فى

١٩٤١، أدرك أن الألمان كان لديهم نظام رادار فعال، و - من قراءة حكايات أحاديث السجناء واعتراض الإذاعة - عرف أيضًا أنه كان يحمل اسمًا رمزيًا يدعى فريا Freya.

بالنسبة لشخص له خلفيته، كان هذا الاسم الرمزى يحمل حل لغز له القدرة على كشف الخطط الألمانية بقدر ما يحمله حمام زاجل معه معلومات حقيقية تم إرساله مباشرة إلى مكتب الاستخبارات الجوية، هوايتهول، فى لندن SW1. كان لدى القيادة العليا الألمانية هواجس تجاه أساطير أريان. وكان يمكن الوصول إلى حل هذا الخطر الإلكترونى الضخم فى منتصف القرن العشرين، كما أدرك جونس الشاب، بالعودة فى الزمن نحو ألف عام.

تبعًا لذلك، انتقل جونس من مكاتبه فى هوايتهول، ذات يوم فى أواخر ١٩٤١، إلى شيرنج كروس رود، مركز تجارة الكتب فى لندن. قبل انتهاء اليوم، كان قد توصل إلى ما يريده، كانت فريا ربة إسكندنافية قديمة كانت توصف بأنها فى صحبة دائمة مع هيمدال Heimdall، وهو كائن ميثولوجى آخر. كان لدى فريا عقد، وكانت وظيفة هيمدال حراسته. ولكى يفعل ذلك، حصل على القدرة من أجل الرؤية من مسافة مائة ميل فى كل الاتجاهات - نهارًا أو ليلاً.

كانت رحلات طيران قاذفات RAF الاستطلاعية قد عثرت بالفعل على بعض التجهيزات فى فرنسا المحتلة تبدو كما لو كانت مواقع رادار، لكن الأجهزة بدت بالغة الضخامة وقديمة الطراز إلى حد كبير حتى إنه لا يمكن اعتبارها سبب الاعتراضات الدقيقة فى ذلك الحين. مع ذلك لم يظن أحد أنه قد تكون هناك آلتان، لهما قدرتان مختلفتان، تعملان معًا. المرجع الميثولوجى الإسكندنافى القديم - حيث يعمل هيمدال وفريا معًا - جعل جونس يرى أن هذا قد يكون ما تبنيه الإدارة الألمانية الآن.

أرسل جونس من جديد طائرة مقاتلة نافثة اللهب مجهزة بكاميرا إلى الموقع الأول الذى تم العثور عليه، على بعد بضعة عشرات الأميال من هافر، بالقرب من مدينة برانيفال. كانت معدة إلى حد كبير لسرعة قصوى، وكانت تدوى عند مجرد بضع مئات من الأقدام فوق الأرض، للإقلال من زمن محاولة مدفعية الحماية والمدفعية المضادة للطائرات إطلاق النار عليها. بمجرد العودة بالصور السلبية إلى لندن، بدأ مفسرو

الصور الفوتواغرافية فى وزارة الطيران فى العمل. فى البداية رأوا فقط مواضع وحدات من الجنود وحواجز أسلاك شائكة وقصرًا مُصادرًا لأغراض عسكرية كما هو متوقع فى قاعدة عادية، لكن النظر الأكثر تدقيقًا بنظارات تكبير كشفت عن وجود ممر بعيد عن القصر ينتهى بعد مسافة قصيرة، حيث كان هناك أيضًا بالفعل جهاز رادار آخر، موضوع بشكل آمن فى مساحة مفتوحة لا تتجاوز بضع ياردات.

كان هذا أسوأ مما كان متوقعًا. لم يكن لموقع رادار من الصغر بحيث تناسبه هذه المساحة أن يكون له الهوائيات الضخمة التى تتطلبها سلسلة الرادارات الوطنية البريطانية. وبدلاً عن ذلك أوضحت الصور أن المهندسين الألمان صنعوا رادارًا بموجات تتذبذب بخمسة أقدام أو ربما حتى بطول أقل. يمكن لكل الجهاز أن يتلاءم مع ظهر شاحنة، مع هوائى وحيد بسعة ياردة قابل للتوجيه أعلاه لإرسال موجاته واستقبالها. (حيث كانت هوائيات سلسلة الرادارات الوطنية البريطانية بحجم برج كهرباء شديد الارتفاع، كانت تحتاج إلى مئات الياردات المكعبة لتدويرها، ولم تكن هناك آلة معروفة تستطيع فعل ذلك).

لم يعرف أحد فى بريطانيا كيف توصلت ألمانيا إلى هذا الإنجاز الهندسى. لو أنه كان هناك المزيد من هذه المواقع، ولو أنها موضوعة فوق طائرة، عندئذ يمكن لدوريات الاستكشاف الألمانية تحديد عمليات نقل وحدات الجنود الأمريكية المعرضة للهجوم الآتية إلى بريطانيا حتى فى الظلام وسط المحيط، وإرسال هذه المعلومات إلى الغواصات الألمانية المنتظرة ويمكن لمقاتلات القوات الجوية الألمانية الفردية تمييز طائرات التحالف فى الظلام التام أيضًا.

ذهب متطوعان من المقاومة الفرنسية، هما روجر ديمو وتشارلز شوفو، للتحقق من القاعدة ورادارها الصغير المميت. وجدا أكثر من مائة وحدة ألمانية، وعلى الأقل خمسة عشر موقعًا خاصًا بالرشاشات. لم يكن فى استطاعة البحرية الملكية الوصول إلى هناك لفحص أو الاستيلاء على رادار اسمه الرمزى فارزبورج Wurzburg – ذلك رغم أن القصر فى برانيفال كان على الشاطئ، حيث كان للبحر جرف حاد بارتفاع أربعمائة قدم تقريبًا فى الطباشير الناعم. كان يجب مهاجمته، ولأنه لم تكن هناك قطاعات للرسو، كان يجب دخول إحدى وحدات المظلات المشكلة حديثًا.

هكذا تلقى تشارلز و. كوكس Charles W. Cox، عارض الأفلام المصغرة زمن السلم، والهاوى غير المتخصص فى الراديو، والآن أصغر رقيب فى القوات الجوية الملكية، تعليمات، فى الأول من فبراير فى وقت مبكر فى ١٩٤٢، لإرسال تقرير لوزارة الطيران فى لندن. كان نائب المارشال الجوى فكتور تايت Victor Tait ينتظره. كان كوكس عادة يحاول أن يقضى اليوم فى شبشب من نسيج السجاد - كان لديه كالو فى قدمه - وكان ينزع إلى رفع بنطلونه بسلك عزل وليس بحزام. لكنه فى ذلك اليوم، كما تحقق، كان فى وضع خاص وحاول أن يرتدى ما يليق.

"لقد تطوعت لمهمة خطيرة، أيها الرقيب كوكس" قال تايت.

"لا، يا سيدى" اعترض كوكس.

"ماذا تعنى بـ "لا، يا سيدى"؟" سأل تايت.

"لم أتطوع قط لأى شيء، سيدى!" قال كوكس.

فى رواية غير منشورة من عشرين صفحة.كانت فى حيازة كوكس، من الممكن إعادة تصور ما حدث بعد ذلك. تم إرسال كوكس إلى مرفق تدريب رينجواى المحروس جيداً بالقرب من مانشستر، حيث لم يستطع فى البداية فهم سبب أنه كان يسير وسط عشرات من المظليين. رغم كل ذلك، لم يحدث أن كان قط فى طائرة وكان خائفًا من الارتفاعات التى سيتعرض لها. عندئذ أدرك فى لحظة رهيبة أنه كان يتدرب معهم لأنه سيكون ضمن هجومهم العسكرى. كان على شخص ما أن يشرف على تفكيك رادار فيرزبورج، لو تم الاستيلاء عليه وإحضاره إلى إنجلترا، وفى ذلك الإشعار الموجز، كانت قيمة خبرته كهاوى تشغيل راديو أنه كان أفضل ما يمكن لوزارة الحربية أن تحصل عليه.

كجزء من أول قسم محمول جواً، كان المظليون يرتدون أزياء الجيش، وظل كوكس فى زى قاذفات RAF. لو تم القبض على فريق الهجوم، قد يتم فصله عنهم، وقد يرغب الجستابو فى معرفة سبب أنه معهم. وكان أغلب القلق الذى يمكن التعاطف معه لدى كوكس يدور حول ذلك، وقبل ذلك بوقت طويل كان جونس قد ذهب إلى رينجواى لطمأنته. عندما أوضح كوكس أنه لا يرغب كثيراً فى طمأنته بقدر حصوله على فرصة

الاندماج بارتداء نفس الزى الذى ترتديه الجماعات الأخرى، كان على جونس أن يرد بأنه حاول فى لندن الحصول على موافقة بذلك، لكن وزارة الحربية متصلبة فى أن تغيير أزياء الخدمة سيقدم عرفًا سيئًا. أوضح كوكس أنه يتفهم الأعراف، لكن فى متناول يد الجستابو قد يتم اعتبار ذلك، بشكل عادل، حالة خاصة. وكان على جونس، وهو يجفل، توضيح أن وزارة الحربية كانت متصلبة جداً.

بعد منهج متعجل فى الهبوط بالباراشوت، تم إرسال كوكس - الذى ظل فى زى قاذفات RAF - إلى ساليسبورى بلين للحصول على منهج أكثر تعجلاً فى تكتيكات الهجوم. تمتع ببعض منها، ولم يكن أقلها متعة طريقة إعطائه كل ما يطلبه - منظار ثنائى، وبوصلة، وحذاء نظيف برقبة، بل وحتى مسدس كولت ٤٥ جديد سريع. بعض المنهج كان مزعجًا، كما كان الأمر عندما اكتشف أن الجماعات الإسكتلندية التى كان يتدرب معها قد مارست عبور حواجز الأسلاك الشائكة. بدلاً من إحضار آلات قطع أسلاك، كما توقع، كان أحد الرجال يتمدد على السلك غير المقطوع ليصبح معبراً بشريًا: عندئذ يدوس بقية الرجال فوقه. لم يشرح أى من الضباط لكوكس مدى الصعوبة المتوقعة فى العملية، لكن لديهم فقط أسلحة خفيفة نسبيًا، واتضح أن عمليات ما قبل الهبوط بالمظلات كانت أصعب بكثير من المتوقع.

حدث الهجوم بالمظلات ليلة ٢٧ فبراير ١٩٤٢. بدأ موقع رادار فارزبورج الذى يقصدونه فى ملاحقتهم عندما كانوا لا يزالون على بعد عشرين ميلاً، بإرسال موجات غير مرئية سريعة التموج فى الهواء المظلم. انطلقت بشكل يتعذر معه تجنب الموجات الكهربائية المستجيبة عائدة من الطائرات البريطانية الآتية، منطلقة فى الليل من الأجنحة المعدنية وأجسام كل طائرة، منبعثة من على بعد بوصات فقط من مكان جلوس كوكس والمظليين. بهذه الاستجابات غير المرئية، تم رصد الفريق البريطانى.

عندما قفز نحو مائة رجل، تم العصف بنحو عشرين من الفريق دون أمل بعيداً عن المسار، بعد أن هبطوا على بعد أميال، لكن الكتلة الأساسية من القوة هبطت بأمان فى منطقة الهدف. بعد الطقوس العادية عند الهبوط - من المثير للسعادة أنهم كانوا قد روحوا عن أنفسهم بالشاى الذى شربوه ساعات قبل الصعود إلى طائراتهم - سارت

الجماعات المتجمعة بسرعة نحو القصر الذى يطل على رادار فارزبورج. تبعهم كوكس، وهو يدفع عربة الحمل الصغيرة ذات العجلات التى كان المصممون فى لندن قد قرروا استخدامها لوضع أجزاء الرادار المستولى عليها فيها.

كانت قلة من المدافعين فقط فى القصر نفسه، لكن مشغل الرادار الألمانى فهم سبب توجه كل تلك النقاط اللامعة على الشاشة نحوه. كان قد تم تحذير المجموعة الرئيسية من الألمان لذلك، كانوا إما فى مواقع كمائن أو يحاولون الوصول إليها. بدأت سلسلة من التراشق بالنيران، وفى تلك اللحظة أدرك كوكس أن عليه التحرك بسرعة. كان هناك على ما يبدو شحنات متفجرة مخبأة قد تفجر رادار فارزبورج، وقد يرى تايت فى النهاية كوكس فى وضع سيئ لو حدث ذلك، لذلك أسرع كوكس الآن إلى الأمام فى الظلام، وسط إطلاق النار، وتسلق السلك الشائك حول الموقع للعثور على هذه الشحنات وإلغاء مفعولها. تعرف على ظل متحرك مريب ومن ثم ساعده ذلك - بكل أدب - على القبض على مشغل الرادار الألمانى الذى كان يجرى مبتعداً، ووجه الجماعات البريطانية إلى استخدام العتلات لتحرير الأجزاء الإلكترونية فى الرادار، وبشكل هادئ تأكد من أنهم قد حصلوا أيضًا على الأرقام المتسلسلة لأية أجزاء بديلة. كان قلقًا جداً تجاه ما قد يحدث لو أنه عاد دون عينات كافية حتى بينما كان الجنود الألمان يقتربون وقد بدأت هجمات مدافع الهاون - وبينما كانت قوة المظليين الأساسية تندفع مبتعدة عن الرادار بشكل مبكر عن ما كان مقرراً - استمر فى العمل حتى تأكد من أن الأجزاء المهمة من الهوائى المنحنى المتأرجح قد تم الحصول عليها بمنشار.

كان من المتوقع أن يكون الزحف إلى الشاطئ سهلاً، لكن الأشخاص الذين اتخذوا مواقعهم لحماية هذا الهروب، كانوا على وجه الدقة هم هؤلاء الذين هبطوا بعيداً عن الموقع المحدد. بدأ طاقم رشاشات ألمانى فى إطلاق النار على البريطانيين، مما أزعج كوكس أكثر، ونتيجة لذلك وجه الرجال لنقل أجزاء الرادار من العربة إلى حقائب الظهر (بذلك تأكد من عدم تلف أى من الإلكترونيات)، ويبدو أنه قد ساعد أيضاً فى العناية بالجرحى. فقط عندما بدا كما لو أن فريق الهجوم كله قد هُزم، كانت هناك صيحات مفاجئة من فرقة المزامير والطبول Cabar Feidh! بينما وصل فى النهاية فريق

سكوت هايلاندر للتغطية. وقرر جنود الرشاشات الألمانية أن الهروب إلى وادٍ ضيق مناسب أكثر حكمة من مواجهة أى مزيد من هؤلاء الجند الذين يصرخون. انطلقت قوة الهجوم أخيراً إلى الشاطئ.

رغم ذلك، لم تكن البحرية الملكية هناك، ولم يبدُ أن هناك فائدة من رسائل الراديو المتزايدة ولا حتى من الوهج اللامع. لكن بمجرد ظهور الأضواء الأمامية للشاحنات الألمانية بالقرب من قمة الجرف فى الأعالى، وصلت مركب الإنزال الصغيرة التابعة للبحرية - الكثير منها - وكانت المدفعية الأشد تعنى أن جنود العدو الجدد لن يمثلوا مشكلة. وتم ترك أغلب الجنود الهاربين يتقدمون متعثرين طوال طريق العودة إلى إنجلترا فى مركب الرسو غير العملية (رغم أنه تم إعطاؤهم مشروب الروم ذات مرة على متنها)، لكن تم فصل كوكس عنهم ونقله بسرعة إلى قارب سريع، انطلق هادراً بأكثر من عشرين عقدة نحو بورتسموث مع مدمرتين تابعتين للبحرية الملكية بالقرب منه، ثم بعد وقت قصير حلقت طائرات سريعة لضمان المزيد من التغطية من أعلى. عندما هبط على الشاطئ، ركب سيارة سريعة إلى لندن، وبعد استخبارات سريعة وتسليم لأجزاء رادار فارزبورج الثمينة، سمح له بالمغادرة إذا أراد. فى منتصف الليل كان فى طريقه إلى بيته فى مدينة ويسبيتش الصغيرة، فى إيست أنجليا. كانت هناك مدفأة فى البيت، وكان والده، ووالدته، وجداه، وزوجته وطفل دارج فى انتظاره حول المدفأة، تقدم كوكس، وكما تذكر:

"مرحباً بالعائلة" هذا ما قلته، "كنت فى فرنسا، هناك كنت، وسوف يظهر ذلك فى صحف لندن الليلة. ما رأيكم فى ذلك، إذن؟".

كان كوكس بطلاً، لكن ما أحضره قد يتم استخدامه فى أحد أشد أسلحة القتل فى العصر الحديث. كان رادار فارزبورج أكثر تقدماً بكثير عن ما توقعه الاختصاصيون البريطانيون. كانت تتدفق منه موجات لا أكثر من عشر بوصات من قمة إلى قمة[٢٤]. ويمكن توجيه هذه الموجات الصغيرة المحددة بدقة أكثر بكثير. وكان نظام السلسلة القومية البريطانى، بموجاته التى يمتد طولها إلى ياردات، عتيقاً بالمقارنة به.

كان هذا أمراً سيئًا، لكن الأرقام المتسلسلة التى كان كوكس قد استولى عليها سمحت بحسابات مزعجة جداً. تم تجهيز بعض الأجزاء البديلة فى فارزبورج فى ديسمبر، وكانت الأرقام المتسلسلة على هذه الأجزاء قريبة من بعضها، مما أشار إلى أن الكثير من الآلات ليست فى حالة تشغيل. لكن الأجزاء البديلة التى تم تجهيزها فى فبراير كان لها أرقام متسلسلة بعيدة عن بعضها أكثر بكثير - مما أشار بصورة تنذر بالشر إلى أنه تم إنتاج الكثير من مزيد من قطع الغيار، لإمداد عدد أكبر بكثير من آلات فارزبورج مستخدمة حاليًا. وهذا يوضح الهجمات التى كانت تتعرض لها قاذفات RAF. وفرة آلات فارزبورج، مع قدرتها على رصد الطائرة الآتية، وتوجيهها الدقيق بشكل غريب لأشعة الكشافات، كان يحول السماء فوق أوروبا إلى منطقة موت بالنسبة لطيارى الحلفاء.

لكن عندئذ - وهل كان من الممكن تجنب التبعات الكاملة لهذا الاكتشاف فى أى وقت؟ - توصل محللو لندن إلى ضعف فارزبورج. كان تغيير تجهيزاته أمراً بالغ الصعوبة، وفى البداية لم يعرف سبب ذلك. وجاء حل اللغز من القائم بالتشغيل، الشاب الذى ساهم كوكس فى القبض عليه.

كان صغيراً جداً وراغبًا فى الحديث، ("لقد قضينا بعد الظهر" يتذكر جونس، "جالسين على الأرضية معه، نلائم بين القطع المختلفة معًا، ونستمع إلى تعليقاته"). لكنه كان جاهلاً تماماً فى بعض الأحيان بكيفية عمل الرادار. ("بدا كما لو أنه قضى داخل السجن من الوقت أكثر مما قضاه خارجه"). كان لدى بريطانيا الكثير من هواة تشغيل الراديو المهرة للجوء إليهم، لكن فى ألمانيا كان من الممنوع لوقت طويل على المواطنين غير الرسميين صناعة أجهزة الراديو. ولم يكن من الممكن تجنيد النساء الألمانيات أيضًا، حتى لو كان لديهن موهبة فى الأعمال التقنية. فى دكتاتورية تستحوذ عليها اليوجينيا، كان عليهن أن يبقين ولودات، عفيفات وفى البيت، كان يجب أن تكون الرادارات الألمانية بالغة البساطة، هكذا أدرك جويس بالتدريج، لأنه لم يكن هناك ما يكفى من الرجال المتعلمين لإصلاح وتشغيل رادارات تتصف بأى تعقيد. بعبارة أخرى، فإن الرادار الألمانى الأكثر تقدماً كانت تتم صناعته لكى يكون قطعة من معدة آلية بالغة البراعة محصنة ضد الغباء.

لقد كانت الطبيعة الصارمة للرادار الألمانى هى التى جعلت جونس وآخرين فى وزارة الطيران يعتقدون بأن فى استطاعتهم تحويل التطورات التقنية الألمانية ضد الألمان. وبالفعل كانت قاذفات RAF تنظر لعدة أشهر فى سلاح بدا فى البداية بالغ البساطة بحيث تم اعتباره دون أية أهمية كبيرة، ويتكون من مجرد عدد كبير من الشرائح الألمنيوم، مثل قطع طويلة من نثار الورق، يمكن إسقاطها من طائرة. (كان الاسم الرمزى الأصلى للسلاح هو "نافذة"، لكنه أصبح معروفًا باسم "القش"، وهو الاسم الذى سنستخدمه). لو تم إطلاق هذه الشرائح من سرب طائرات، اعتقد الباحثون أنها يمكنها العمل كسحابة مضطربة، تعيد إرسال عدد كبير من النبضات الكهربائية. كانت المدن الألمانية تعتمد بشكل متزايد على الرادار فى الدفاع عنها: كانت هناك كشافات توجه الرادار، وسرايا مدفعية مضادة للطائرات، وطائرات قتال ليلى سريعة، فعالة ضد الغارات الجوية البريطانية التى كانت شديدة حينئذ، توجهها معلومات يتم إرسالها بالراديو من المزيد من مواقع الرادار المستقرة على الأرض. لو نجح القش وتم غمر مشغلى الرادار الألمان بإشارات مزيفة، سيكون هذا الرادار بلا فائدة، وستكون الطائرات المهاجمة غير مرئية بصورة مجدية، وحيث إن الاختصاصيين البريطانيين عرفوا عندئذ أطوال الموجات المضبوطة، يمكنهم استخدام ذلك لإنجاز الحجم المثالى للقش.

عرف واطسون واط من يسعى إلى استخدام القش. كان أرثر هاريس Arthur Harris، رئيس إدارة قاذفات القنابل RAF، عرف هاريس منذ وقت طويل ما يمكن للقش أن يفعله، لكنه كان قد أحجم عن استخدامه، لأن القش بدا من نوع الأسلحة التى يمكن استخدامها بفعالية تامة مرة واحدة فقط. بعد وقت قصير يصل العدو بالتأكيد إلى طريق لتمييز الرفرفة البطيئة للقش عن الطائرات الأعلى سرعة، وقد يستخدم العدو أيضًا تقنية القش للتشويش على الرادار البريطانى. كان هناك طريق مسدود - يشبه إلى حد امتلاك الجميع للغاز وعدم استخدام أحد له. لكن ما كشفت عنه غارة برانيفال هو أن أجهزة الرادار الألمانية - وخاصة أجهزة رادار فارزبورج بالغ الدقة - كان يتم معايرتها بشكل بالغ الصرامة بحيث سيكون من الصعب على أى أحد من المشغلين، التكيف مع السلاح الجديد. يمكن للقش أن يجعل أسراب الطائرات منيعة لزمن طويل.

عرف واطسون واط أن لديه معرفة يخوضها طول العمر. وكذلك كان هاريس - والذى كان متأكدًا من أنه كان، هذه المرة - مقدمًا على الفوز.

من المشكوك فيه أنه كانت هناك شخصية مزعجة أخرى على الجانب العسكرى للحلفاء أكثر من هاريس. كان فى استطاعته أن يكون عطوفًا على عائلته المباشرة، لكن كان لديه قلة من الأصدقاء ولا هواية له. لم يقرأ كتابًا قط، ولم يستمع قط إلى الموسيقى. كان لديه عشق واحد فقط فى حياته، وهو العداوة. لم يكن يوجهها ضد ألمانيا. وبدت - بدليل أعماله - موجهة ضد العمال ذوى الياقات الزرقاء.

كان هاريس رجعيًا متطرفًا، ومثله مثل الكثير من الأشخاص الأثرياء فى عصره، كان يعبر غالبًا عن نفور كبير من الطبقات العاملة البريطانية، ومن نظرائهم الألمان أيضًا. وبالفعل، حتى كتابات الكثير من المفكرين الأدباء المفترض أنهم مهذبون، تعتبر مثيرة للقلق عندما يتعلق الأمر بهذا الموضوع، حيث يكون لديهم تشابه مع الكراهية العرقية التى شعرت بها اليابان وأمريكا كل منهما نحو الأخرى، مع استمرار معاركهما فى المحيط الهادى. بالنسبة للقادة العسكريين الأمريكيين، أدى هذا إلى تدمير مدينتين يابانيتين كاملتين، مع وخز ضمير ضئيل، وبالنسبة لهاريس أدى ذلك إلى وجهة نظر مجردة من العاطفة وعديمة الرحمة تجاه أى من العمال والأطفال على الأرض الذين يمكن نسيانهم عندما تصل قاذفات قنابله فوقهم.

كان الكثير من الضباط المدركين لخططه مصابين بالفزع مما يريد أن يفعله. كانت الولايات المتحدة، على سبيل المثال، تقصف بالقنابل مصانع العدو، والسكك الحديدية وأرصفة الموانى. وفى الغالب كانت هناك أخطاء ضخمة، وتم قتل مدنيين. لكن على الأقل فى أوروبا لم يكن هذا قط هدف الحملات العسكرية كلها، وكان يتم عزل ضباط الطيران الذين يخطئون بشكل دائم فى أهدافهم الملاحية. وكانت البحرية الملكية راغبة أيضًا فى استخدام أية قاذفات قنابل متوافرة للتركيز على مصانع الغواصات وأحواض السفن، ولو كان من الممكن استخدام قاذفات القنابل لاستهداف غواصات العدو أو السفن السطحية فى البحار.

رأى هاريس الأمر بشكل مختلف. قد تكون مصانع العدو هى أهدافه الرئيسية المفترضة، لكنه كان مقتنعًا بأنه من المضيع للوقت محاولة الاستهداف الدقيق للمصانع أو أراضى الإنشاءات. ولم يكن يرغب أيضًا فى أن تدور طائراته بلا هدف فوق البحر لمطاردة غواصات العدو. كان هذا تشتيتًا تامًا، لم يكن ليسمح به، ولو كان لا بد أن يحدث، لم يكن ليشجعه. كان يرغب فى قتل الناس، تمامًا مثلما كان يرغب فى تدمير الأبنية أو الأجهزة. كانت الإمدادات الهائلة من المتفجرات الشديدة والمواد القابلة للاشتعال التى يكدسها لقاذفات RAF معدة لإسقاطها على العمال أنفسهم، فى البيوت التى يعيشون فيها. وتلك، كما كان مقتنعًا، هى الطريقة الأكثر فعالية لتدمير قوة العدو. فى نفس شهر غارة برانيفال، أطلقت إدارة قاذفات القنابل ديركتيف ٢٢، التى كانت تهدف إلى التأكد من أن كل الهجمات "النقاط المستهدفة يجب أن تكون المناطق المكتظة بالمبانى، وليس، على سبيل المثال، الترسانات البحرية أو مصانع الطائرات...يجب أن يكون ذلك واضح تمامًا".

تمت تنحية الاعتراضات جانبًا بشكل منتظم، سيان جاءت من موظفين عسكريين أو خبراء مدنيين. وساهمت بيانات برانيفال عندئذ فى إعطاء هاريس حجة يمكنه استخدامها لدفع جهوده إلى أعلى مستوى. يمكنه استخدام القش لتعطيل الرادار الحامى لمدينة ما، ومن ثم، عندما تصبح المدينة بلا دفاع، يمكنه أن يفعل ما يشاء: محاولة تدمير مصانعها، ربما، ولكن أيضًا تدمير كل من يعيش فيها.

أصيب واطسون واط بالإحباط، لم يكن هذا قط ما ابتكر الرادار من أجله، لكنه كان مجرد تابع الآن، ورغم اندفاع آخر كلمات ومفكرات يائسة، لم يكن أمامه سوى مراقبة السلاح الدفاعى المهم الذى ساهم فى ابتكاره وقد خرج عن سيطرته، بل إنه حاول أن يستعين بهنرى تيزارد لمساعدته. كان تيزارد هو الشخص الذى ترأس اللجنة الأصلية التى ابتكرت نظام الرادار البريطانى، وكان ذلك بالغ الأهمية فى معركة بريطانيا ١٩٤٠. وكان تيزارد يكره هاريس أيضًا، وكان قد بدأ حينئذ فى تكوين تحالفات كانت كافية فى الأوقات العادية لإيقافه. لكن كل شيء كان لا بد أن يمر

بالرجل الذى كان تيزارد يذله فى لجنة الرادار فى ١٩٣٦ - وكان لليندمان الكلمة المسموعة على وجه الحصر، لدى رئيس الوزراء الآن. وكان من المثير للسرور التام أن يضمن ليندمان ألا يحظى أى شىء اقترحه تيزارد بأى اعتبار جاد لدى الحكومة.

فى بداية ١٩٤٣، عرف تيزارد وواطسون واط أنهما خسرا. فى وقت ما رعى هاريس محادثة فى إدارة قاذفات القنابل فى باكينجهامبشاير HQ حول أخلاقيات القصف بالقنابل. بعد المحادثة، وقف رجل الدين المبجل فى إدارة قاذفات القنابل جون كولينز John Collins وقال إن ذلك، على العكس، قصف للأخلاق. لكنه كان على حق بشكل جازم، ولم يجرؤ أى أحد آخر هناك على الحديث داعمًا له(٢٥).

كانت هناك أهمية ضئيلة للمدينة التى قد يختارها هاريس لتوضيح ما يمكن لقوته أن تفعله. كانت هامبرج مركزًا صناعيًا ضخمًا، فيها الكثير من مساكن العمال المركزة المكتظة. تم ذلك أيضًا فى بحر الشمال، مع نهر إلب الذى يمر به. كانت الملاحة عند الحافة حيث تلتقى الأرض والبحر سهلة بشكل خاص (حيث الأرض والماء يستجيبان بشكل مختلف للرادار، كما سنرى).

أعطى هاريس تعليمات لإرشاد طياريه فى قاذفات RAF وهم يدخلون المجال الجوى فوق المدينة. على جنوب إلب كانت المصانع وساحات بناء الغواصات: بلوم آند فوس، وستوكلكين وهوالدسويرك. تلك كانت الأهداف التى كانت البحرية الملكية وتيزارد يرغبان فى تدميرها. لكن كان لدى طيارى هاريس أوامر بتجنبها والاستمرار على الجانب الشمالى من المدينة. لم تكن هناك مصانع حرب، ولكن صف بعد صف من المبانى ذات الشقق على هيئة بنايات كبيرة ذات ستة طوابق تشبه إلى حد كبير إيست إند فى لندن أو أجزاء من لوار إيست سايد فى نيويورك. كان بعض الرجال هناك مستخدمين فى المصانع، لكن غالبية السكان كانوا أشخاصًا أكبر سنًا، ونساء، و- حيث كان هناك فقط إجلاء جزئى إلى الريف - أعدادًا ضخمة من الأطفال.

كانت قد تمت معالجة بيانات برانيفال فى ذلك الربيع، وكانت رادارات صغيرة تتجه إلى أسفل قد اتخذت أماكنها فى الكثير من الطائرات، وكان قد تم الحصول على الأدلة النهائية لصالح "القش" فى بداية الصيف. والآن كل ما تبقى كان الانتظار

لأحوال جوية مناسبة. في هامبرج، كان يوليو شهراً حاراً، مع وصول درجات الحرارة إلى الثمانينيات. واستمرت الرطوبة منخفضة لعدة أيام. فحص هاريس تقارير الطقس:

كان هناك عدد من الغارات الأولية القوية، لكن فقط في ليلة ٢٧ يوليو حدث إن انطلقت القوة الرئيسية لقاذفات RAF. كانت هناك قلة من الأزواج لا تزال تتجول في حدائق هامبرج والمناطق المفتوحة، كان ذلك قبل عدة ساعات من ظهور قاذفات RAF.

في الحادية عشرة مساء كانت الطائرات البعيدة فوق بحر الشمال المظلم لا تزال غير مرئية. في راديو سماعات الأذن لدى طاقم الطيران، كانت الإذاعات ترسل تماوجات من إنجلترا تطلق إلكترونات تتذبذب عبر مسافات بالغة الصغر، ثم يتم تكبيرها إلى صوت مسموع. في الرادارات الناظرة إلى أسفل، كان المزيد من الإلكترونات تندفع بسرعة خلال قنواتها المصغرة المحاطة بالنحاس، تقذف إلى أسفل بموجات راديو محكمة. كان هناك القليل نسبيًا من الإلكترونات الحرة في الماء لكي تستجيب، لذلك عندما أوضحت أجهزة الأسلوسكوب ظلمة فقط، عرف الطيارون أنهم كانوا فوق المياه الباردة لبحر الشمال.

لكن عندئذ، بعد نحو ساعة، بدأت الموجات غير المرئية التي تندفع إلى أسفل من الرادارات على متن الطائرات تضرب شيئًا مختلفًا. الإنشاءات المعدنية مثل الحظائر أو السكك الحديدية يكون لديها عدد كبير من الإلكترونات الحرة، ولدى أوراق الأشجار ومباني القرميد والطرق الممهدة إلكترونات أقل، لكنها تنقل بعض الإشارات أيضًا. بدأت أجهزة الأسلوسكوب على ارتفاع ميلين في إظهار تباين حاد مع ظلمة البحر. عرفت طائرات الباثفايندر في المقدمة أنها كانت تعبر الساحل وأجرت القليل من التصحيحات لكي تظل على المسار بالضبط. تبعها أكثر من سبعمائة قاذفة قنابل على مقربة منها في الخلف.

بدأت أطقم القصف إطلاق حزم القش الشبيهة بنثار القصاصات من الطائرات. اندفعت هذه الحزم منفصلة في الهواء السريع، منتشرة إلى آلاف من شرائح الألمنيوم وهي تسقط. اصطدمت الموجات غير المرئية التي كان يبثها رادار فارزبورج والأجهزة

الأخرى إلى أعلى بكل الإلكترونات الحرة فى الألمنيوم المرفرفة ببطء. بينما تتحرك الإلكتروات الحرة الخارجية للألمنيوم إلى الأمام وإلى الخلف تحت تأثير هذه القوة التى لا يمكن إيقافها الآتية من أسفل، تصبح أجهزة إرسال بالغة الصغر. كانت السماء لا تزال حالكة أمام أعين البشر، لكن بالنسبة لكل جهاز رادار فى الأسفل كانت تلمع ببريق كلما بدأت كل شريحة ألمنيوم فى البث. هطلت ملايين من الإشارات المتطابقة إلى أسفل.

تم غمر رادارات فارزبورج وأجهزة الرادار الأخرى. لم يكن فى استطاعة أى مراقب أرضى تمييز أية طائرات فعلية فى هذه الطاقة الكهربائية المبهرة. بدأت الكشافات التى يتحكمون فيها تدور فجأة دون هدف، وتوقفت المدفعية المضادة للطائرات عن العمل أو كانت تطلق النار بشكل عشوائى. تم توجيه طيارى الطائرات المقاتلة بشكل محموم إلى أسفل لاتخاذ اتجاهاتها. بعض المراقبين الأرضيين صرخوا فى هذه الظروف فى أجهزة الراديو لديهم مطالبين المقاتلين بـ "توقفوا، قاذفات القنابل تضاعف نفسها!"(٢٦). وآخرون أرسلوا رسائل راديو، طالبين من طيارى المقاتلات الطيران فى مسارات التفافية فى محاولة للابتعاد عن أجهزة الإرسال الألمنيوم المتضاعفة التى تملأ السماء.

لم ينجح أى منهم: لم يكن من الممكن اعتراض طائرات RAF الآن. تم إسقاط المتفجرات الشديدة فى البداية، لاختراق الأنابيب الرئيسية للمياه (أوضحت حكاية لاحقة أنه تم تحطيمها فى أكثر من ألفى مكان) وقصف المنازل فى الأسفل. تم تدمير القرميد وطارت الشظايا منفصلة. عندئذ تم فتح الأبواب الرئيسية للقنابل، مطلقة المواد الكيميائية القابلة للاشتعال.

كان أغلب هامبرج مبنيًا من الخشب، والخشب يتم صنعه عندما تأخذ وحدات إنتاج جهدًا كهربائيًا عند تعرضها للضوء، وهى بالغة الصغر، والتى نطلق عليها أوراق، ذرات الكربون العادية المنفصلة، وتربطها معًا فى سلاسل طويلة. ويحتاج الأمر إلى أشهر أو حتى سنوات من تدفق طاقة الضوء من الشمس لربط ذرات الكربون بهذه الطريقة.

عندما حطمت قنابل قاذفات RAF هذه التكتلات فى الخشب، أصبحت كل ذرة كربون حرة. هذا فى حد ذاته قد يعنى كمية كبيرة من الحصى والتراب، ويصاب كثير من الناس من انهيار الخشب، لكن الدمار يكون قد تم عندئذ. لكن الأمر لا ينتهى هنا، لأن انفجارات قاذفات RAF تكون قد أنتجت كميات هائلة من الحرارة.

اندفعت الحرارة فى شوارع هامبرج، مغيرة كل شيء فى طريقها. إنها تتغلغل فى رقائق التراب فى الهواء حتى تنفجر، وتقوم بتسخين الكربون فى بيوت هامورج الخشبية حتى إنها تتفاعل مع الأكسجين وتنفجر إلى لهيب أيضاً. والطاقة التى صبتها الشمس فى الخشب عبر سنوات طويلة عندما نما فى الغابات، عادت للظهور الآن، فى انفجار مفاجئ مروع.

لا يمكننا رؤية الموجات الكهربائية للرادار، لكن فى اضطراب المبانى المحترقة، تكون الموجات الكهربائية الناتجة أقصر وأكثر شدة. عندما تضرب العين البشرية، ترسل الخلايا الشبكية إشارات إلى المخ.

فى عاصفة النار فى هامبرج، تحولت موجات فاراداى غير المرئية إلى ضوء.

بدأت الحرائق، وانضم اللهيب إلى بعضه البعض ثم اشتعلت المدينة كلها. حاول الناس الهرب، ولكن كيف؟ تذكرت فتاة عمرها خمسة عشر عامًا: "غطتنى أمى بملاءات رطبة، قبلتنى، وقالت: "اجرا" ترددت عند الباب..لكننى هرولت عندئذ خارجة إلى الشارع.. ولم أرها مرة أخرى قط".

انضمت فتاة أكبر سنًا، تسعة عشر عامًا، إلى جماعة تحاول عبور شارع إيفيستراس الواسع، لكنها أدركت فى آخر لحظة أن عليها التوقف، كانت حرارة الحرائق قد أذابت الشارع:

"كان هناك أشخاص على طريق المركبات..أحياء لكنهم ملتصقون بالأسفلت. لعلهم كانوا مندفعين على الطريق دون تفكير. أصبحت أقدامهم ملتصقة وحاولوا بأيديهم الخروج من هناك من جديد. كانوا على أيديهم وركبهم، يصرخون"(٢٧).

وهناك فى الأعالى، كان قائد طائرة فى أحد أسراب باثفايندر - فى سن السابعة والعشرين، أكبر سنًا من أى من الطيارين الآخرين - ينظر إلى أسفل إلى العاصفة التى كانت مدينة حية. "هؤلاء اللقطاء الفقراء"، دمدم فى الراديو، دفع يده على يد التحكم فى القيادة، وبدأت الطائرة الضخمة فى الاستدارة. كانت الأسلاك المعزولة فى مقصورته ترشد الإلكترونات إلى الجدائل النحاسية بينما مؤشرات غطس الجناح تظهر على أجهزة العرض فى مقصورته، موجات فاراداى تتدفق خلال حاجب الريح الزجاجى السميك أمامه، وبعض البث غير المرئى من آلاف الشرائح الألمنيوم المرفرفة فى الهواء، وبث آخر غير مرئى، وهو مؤلم لذلك، من اللهب الساطع. نظرة نهائية، وتتأرجح طائرته اللانكستر قاذفة القنابل مبتعدة، لقد انتهت الغارة الليلة الوحيدة - لكن القصف استمر متقطعًا لعامين آخرين.

كانت الغارة مدمرة، مع كل هذا الرعب والصراع - فقط أزاحت دفاعات السلسلة الوطنية، بالإضافة إلى آلات حرب تدمير هامبرج، سطح ما يمكن للظواهر الكهربائية أن تفعله. حيث كان هناك رغم ذلك مستوى آخر يذهب إلى ما هو أبعد من صورة الشحنات الكهربائية المنتظرة القوية، بل حتى أبعد من الموجات غير المرئية العابرة للفضاء التى يمكنها إرغام هذه الشحنات على الحركة، لم تكن رؤية ماكسويل للذرات مكتملة.

فى العقدين الأول والثانى من القرن العشرين - بل حتى قبل أن يجد واطسون واط نفسه فى سلوف - كان عدد صغير من الباحثين قد بدأ استكشاف هذا العالم تحت المجهرى. لو أنهم كانوا على حق، عندئذ يكون العالم تحت عالمنا متكونًا من إلكترونات تنتقل فى قفزات مفاجئة عن بعد[٢٨] - تعرف بأنها قفزات "كمية" - وأيضًا فى توقفات وانطلاقات مفاجئة.

قد يغير ذلك كل شىء، لأن الإلكترونات أساسية بالنسبة للكهرباء، وكلما اكتشفنا شيئًا ما جديدًا حولها، يكون الأساس ممهدًا لتقنية جديدة. فى أواخر الأزمنة الفكتورية، أدى مفهوم الإلكترونات باعتبارها كرات صلبة صغيرة إلى تقنية التلفونات، والمصابيح الكهربائية، والمحركات الكهربائية. وقد أدى مفهوم فاراداى وهيرتز للموجات إلى الراديو والرادار، وهو ما كان بالغ الأهمية بالنسبة للحرب العالمية الثانية.

والآن فإن إدراك أن الإلكترونات يمكن أن تكون غير مادية - أى يمكنها بالفعل الانطلاق فى الفضاء وجعلها تبدأ وتتوقف فى أماكن جديدة - قد يفتح الطريق أمام جهاز آخر أيضًا، آلة تفكير، قد تشكل عصرنا تمامًا كما شكلت الإضاءة الكهربائية والتلفونات القرن التاسع عشر.

فى العشرينيات كانت كلمة حاسب computer (وما يناظرها فى اللغات الأخرى) لا تزال تعنى شخصًا ما، مؤنثًا عادة، يقضى ساعات مضنية على مكتب، مستخدمًا آلة حاسبة calculator ميكانيكية، أو حتى قلمًا قديم الطراز وورقة، لحساب مهمة حسابية بليدة مطلوبة أيًا كانت. بدا من المستحيل الوصول إلى ما هو أبعد من ذلك، لأنه لو كان على أى آلة تفكير حقيقية أن تتلاءم مع الاختلاجات السريعة للفكر الإنسانى، فإنها ستحتاج إلى تغيير دوائرها الكهربائية الداخلية أسرع بكثير مما قد يتخيل أى أحد، وليس هناك شىء صلب ميكانيكى يمكنه فعل ذلك.

لكن ربما يمكن للتحليقات واسعة النطاق عن بعد للإلكترونات بالغة الصغر أن تفعل ذلك.

الجزء الرابع

حاسب مصنوع

من الصخر

المعادن التى كانت موجهة لآلات الحرب على الكوكب حملت إلكترونات استطاعت القفز فوراً من ذرة مجاورة إلى أخرى، لم تظهر قط فى الفراغ بينهما. لكن فى مواد أخرى لم تستطع هذه القفزات أن تحدث بسهولة.

عندما كانت تجمعات الذرات هذه تقترب من بعضها فى الصخور الشائعة والبللورات المتناثرة على سطح الكوكب، تمنع الإلكترونات بشدة كلاً منها الأخرى من التحليق. قد تحاول الإلكترونات التى تصل حديثًا الحركة بشكل أسرع - لزيادة مستويات طاقتها - لكن يبدو أن هناك منطقة حظر تمنع ذلك، وتجعلها محاصرة[٢٩]. لقد حدث تباطؤ لهذه الإلكترونات فى الصخور ومواد الصلصال الشائعة وتوقفت تقريبًا.

استغرق البشر قرنًا فى تغيير حضارتهم بجعل الإلكترونات السريعة تخدم أغراضهم، والآن انتهت أكثر حروب القرن العشرين دموية. وظلت قوة الإلكترونات البطيئة فى انتظار إطلاقها.

الفصل التاسع

تورنج

كمبردج، ١٩٣٦، وبليتشلى بارك، ١٩٤٢

كانت هناك جهود لصناعة حاسب فى عشرينيات القرن التاسع عشر فى إنجلترا، لكن هيمنة تقنية المحركات البخارية ومحملات كريات تخفيف الاحتكاك والتروس المعدنية، كانت فظة إلى حد كبير بحيث لا يمكن استخدامها. لم يكن الفشل فى التقنية فقط ولكن فى الخيال. حتى بعد قرن كامل، فى عشرينيات القرن العشرين، كان هناك الكثير من الآلات العبقرية فى العالم - كانت هناك قاطرات وخطوط تجميع، وهواتف، وطائرات، لكن كل منها كان يقوم بمهمة واحدة. قبل الجميع فكرة أنه لإنجاز مهمة مختلفة، فإنك تحتاج إلى صناعة آلة مختلفة.

كان الجميع على خطأ، وكان ألان تورنج Alan Turing هو الرجل الذى أوضح للمرة الأولى بتفاصيل مقنعة كيف يمكن تغيير ذلك. وانتهت حياته بشكل مأساوى، فرغم أنه كوّن فكرة كاملة ووصفًا واضحًا للحاسب، ورغم تبصراته الجديدة حول أن كيفية قفز الإلكترونات أو توقفها ظاهريًا قد تسمح له بصناعته، ظلت التقنية مربكة. لا ينتج عن الأفكار الجديدة فى العلم آلات جديدة بشكل تلقائى. لقد تم تمجيده فى موته - لكن هذا لم يحدث فى حياته.

عندما كان صبيًا، فى العقد الأول من القرن العشرين وبداية العشرينيات، أحب ألان تورنج الطريقة التى يظن أنها بعيدة عن المشاكل. كانت لديه مشكلة فى التمييز بين اليمين واليسار، لذلك وضع دهانًا عبارة عن نقطة حمراء على إبهام يده اليسرى، ومن ثم كان يفتخر بأن فى استطاعته التجول هنا وهناك مثل الأطفال الآخرين فى

سنه. وبعد وقت قصير كان فى استطاعته أن يبز فى القيادة كلاً من الأطفال والبالغين. خلال نزهة فى إسكتلندا، للحصول على مباركة والده له لأنه شجاع ومغامر بشكل ملائم، عثر على عسل نحل للعائلة برسم خطوط الاتجاه التى كان نحل العسل القريب يتبعها فى طيرانه، ورسم مخططًا لتقاطعاتها للعثور على خلية النحل.

لكن فى مراهقته ومن ثم عندما صار شابًا بالغًا، وجد أنه من الصعب أكثر فأكثر أن يندمج. مع وصوله إلى عمر السادسة عشرة، أدرك أنه منجذب جسديًا للرجال، وهو أمر بالغ السوء، لكنه أدرك أيضًا أنه كان بلا شك عقلانيًا، وفى إنجلترا فى العشرينيات، خاصة فى مدارسها الخاصة، حتى هذا كان أكثر سوءًا(٣٠).

كان والده بعيدًا جدًا عنه، يعمل فى الهند فى الخدمة المدنية، ولم يكن فى استطاعته تقديم الكثير من الرعاية، لكن أمه، التى كانت ذات خلفية من طبقة متوسطة عليا خاصة، فلم تقدم أية رعاية، كان ألان صبيًا عاديًا، كما ألحت، قد يتعلم فى يوم ما التحكم فى التفكير مليًا فى الجمال، والوعى، وفوق كل شىء، فى العلم. كانت متأكدة من أنه يستطيع أيضًا - كما كانت توحى دون شك خطاباته من المدرسة الابتدائية - أن يأتى قريبًا جدًا فى زيارة مع إحدى الفتيات الجميلات التى يتمنى مقابلتها فى حفلات لندن الرائعة.

بدلاً عن ذلك، وقع، فى سن السابعة عشرة، فى حب فتى أكبر منه فى مدرسته، وهو كرستوفر موركوم .Christopher Morcom صنعا تلسكوبات وكانا يحدقان من خارج نوافذ مهجعهما فى وقت متأخر من الليل. قرآ كتب الفيزياء معا، وتحدثا عن النجوم، والفناء، وميكانيكا الكم والإرادة الحرة. خلال مناقشاتهما، لم يكونا "يتفقان عادة"، كما كتب ألان بسعادة، "وهذا ما جعل الأشياء أكثر إثارة بكثير".

لكن عندئذ، فقط بعد عدة أشهر من لقائهما، مات موركوم بالسل. وكان تورنج متحفظًا مع أمه حتى ذلك الحين، لكنه الآن فتح قلبه: كان هو وموركوم يشعران دائمًا بأنه كان هناك "بعض العمل نفعله معًا" هكذا كتب، ".... [الآن] علىّ القيام به وحدى". لكن ماذا كان هذا العمل؟ يضع الكثير من الناس إيمانهم موضع تساؤل بعد موت شخص يحبونه، لكن وفيات المراهق تكون قاسية، بالغة الجسامة حتى إن الناجى

يعانى من عواطف البالغ الشديدة، ومع ذلك لا يمكنه وضع ما حدث فى الدوائية المألوفة للحياة، لقد انشقت فجوة فى الكون.

بدا تورنج كما لو أنه فقد أى إيمان دينى كان لديه فى وقت ما، توقف بغضب عن الاعتقاد الإدواردى العادى بأن الجسد فقط هو الذى نفقده فى الموت، وأن الروح الخالدة، غير المصنوعة من أية مادة أرضية، تعيش بعد ذلك. لقد اختفى موركوم، والأشخاص الذين حاولوا بث الراحة فى نفسه بقولهم إن صديقه باق بطريقة ما كانوا كاذبين.

هذا الغضب، هذا الإيمان بالمادية المجردة من العاطفة، كان لا مفر منه من أجل الجهاز الكهربائى العظيم الذى تخيله تورنج بعد ذلك بعدة سنوات، كان من الصعب تكوين فكرة عن ابتكار جهاز اصطناعى يعتبر نسخة من التفكير الإنسانى، لو أنك كنت تؤمن بروح خالدة. المادة الفانية التى يمكن صناعة الحاسب منها - الأسلاك أو الإلكترونات أو أيًا كان - تفتقد لأى تشابه مع صفات الروح. لكن لو كنت متأكدًا، مع كل غضب المراهقة، أن لا شيء سوى الأرض الميتة هو ما يتبقى عندما نموت، عندئذ سوف تقوم الأسلاك الباردة بأى عمل يمكن أن يقوم به أى كائن حى.

لعدة سنوات قام تورنج بدور طالب كمبردج القانع الذى لم يتخرج بعد، لكنه كان يعود غالبًا إلى عائلة موركوم عندما يصاب بالإجهاد، سيان من خلال الزيارات أو الخطابات الصادرة من القلب إلى أم كرستوفر. وفى النهاية، مع حيرة أصدقائه فى كمبردج، بدأ يقتبس تكرارًا، سطرًا من فيلم "الجمال النائم" الجديد لديزنى، حول التفاحة السامة وكيف أن قضمة سريعة منها تهب راحة أبدية.

فى وقت مبكر من صيف ١٩٣٥، عندما كان عمر تورنج اثنين وعشرين، تخطى المشكلة التى أطلقها عمله الأساسى. تعود تلك المشكلة إلى بداية القرن، عندما حدث فى قاعة محاضرات فى باريس، فى يوم حار فى أغسطس، أن قرأ عالم الرياضيات الألمانى العظيم دافيد هلبرت David Hillbert بصوت مرتفع ما يعتبره أهم المشاكل الرياضية فى القرن العشرين. تبع ذلك إحدى أصعب المشاكل - وكانت دون حل عندما سمع تورنج عنها - تتعامل مع أعمق مشكلة فى المنطق، وهى تتساءل حول كيفية

إجراء سلاسل طويلة معينة من التفكير المنطقى. افترض الكثير من الباحثين أن الإجابة قد تأتى من برهان رياضى مجرد، ومع ذلك، كان تورنج دائمًا يحب التعامل التجريبى: كان ماهرًا فى تجميع الراديوهات، وإصلاح الدراجات الهوائية، ووضع الأدوات الميكانيكية المعدنية من أى نوع تقريبًا معًا. والآن، وهو يسترخى وحيدًا فى مرج أخضر فى مدينة صغيرة بالقرب من كمبردج بعد ركض طويل بعد الظهر، تخيل آلة فعلية يمكنها تشغيل المشكلة المنطقية لهلبرت خلال خطوات.

فى الشهور القليلة التالية، أوضح تورنج أن هذه الآلة الخيالية يمكنها حل مسائل هلبرت حول كيفية إثبات صحة أو خطأ أى عبارة مجردة. ستحتاج الآلة إلى كهرباء، بالطبع، ربما على هيئة لم يتم تخيلها بعد، لكن ذلك لم يكن يشغل بال تورنج فى ذلك الحين. بدلاً عن ذلك، تساءل حول ما يمكن لتلك الآلة الكاملة أن تفعله أيضًا. استغرق ذلك وقتًا أطول، لأنه أدرك، من حيث النظرية، أن أية آلة تتكتك خلال أوتار المنطق هذه من المرجح أن فى استطاعتها أن تفعل أى شيء آخر تقريبا.

كل ما على من يقوم بتشغيل هذه الآلة هو أن يكتب، بوضوح تام، التعليمات التى يريد منها أن تتبعها، لم يكن على الآلة أن تفهم معنى هذه التعليمات، ليس عليها ببساطة سوى تنفيذها. أثبت تورنج أن أى عمل تقريبًا يمكنه تخيله - جمع أعداد أو رسم صورة - يمكن ترجمته إلى خطوات منطقية بسيطة يمكن لأى آلة اتباعها.

لو كان هناك ناقد يعترض بأن الآلة ليست بالقوة التى توقعها تورنج، وحدد بعض المهام التى لا يمكنها أداؤها، يمكن لتورنج ببساطة تقسيم المهام التى يقدمها الناقد إلى خطوات متميزة، ويصف الخطوات باستخدام نفس هذه اللغة المنطقية الواضحة. عندئذ يمكن لتورنج إعطاء هذه التعليمات للآلة التى يمكنها أن تتحرك محدثة أصواتها المعتادة وتقوم بإجراء هذه التعليمات بإخلاص - وبذلك يثبت أن الناقد كان على خطأ. لقد اعتدنا حاليًا على آلات تعمل تبعًا لسلاسل من التعليمات - وبشكل تلقائى نفترض أن الحاسب أو الهاتف الخلوى سوف يتبع أوامرنا المسجلة - من الصعب تذكر الزمن الذى كان فيه ذلك مقبولاً. لكن عندما كان تورنج طالبًا كان من الصعب على أى شخص تخيل أن أجهزة آلية خامدة يمكنها إنجاز مثل هذا العمل العقلى.

كان إنجازًا عقليًا مذهلاً، لكنه كان مهجوراً أيضًا. تلك "الآلة الشاملة"، التى وصفها تورنج فى بحثه عام ١٩٣٧ لـ "محاضر جمعية لندن الرياضية"، كانت مكتفية ذاتيًا وبلا عاطفة على أى حال. لو تمت تغذيتها بالتعليمات الصحيحة، فإنه انطلاقًا من ذلك تستطيع العمل على مسئوليتها الخاصة - إلى الأبد.

لا تحتاج الآلة حتى إلى مشغل ليدخل إليها ويغيرها عند تغير المهام التى تقوم بها. لأن تورنج كان قد بدأ أيضًا فى تطوير مفهوم حول البرامج software. أدرك أن آلته لن تكون مفيدة إلا إذا أعيد إنشاؤها كلما تم إعطاؤها مسألة جديدة لتحلها. وبدلاً عن ذلك تخيل أن الأجزاء الداخلية للآلة يمكن إعادة ترتيبها ببساطة كلما احتاج الأمر. قد تبدو هذه البرامج جزءًا من المادة الصلبة للحاسب، لكنها تتغير بالفعل بشكل مستمر، تجهز نفسها بطريقة متواصلة، ثم بطريقة أخرى.

وهنا يحتاج الأمر إلى الكهرباء. تخيل تورنج أن الحاسب لا يستطيع ببساطة أن يكون له كمية كبيرة من الأسلاك مخصصة لتجهيزة واحدة خاصة. لأننا عندما نفكر، نقوم بالمقارنة والجمع بين كميات ضخمة من المشاعر والأفكار المختلفة، نحن نؤدى عدداً كبيراً من عمليات إعادة التنظيم لها، ونفعل ذلك بسرعة كبيرة. لو أن على حاسب تورنج أن يتلاءم مع المخ البشرى، فإنه يحتاج أيضًا إلى كميات ضخمة من المفاتيح يمكنها إعادة ترتيب نفسها بنفس السرعة بالضبط. وعلى المفاتيح أن تكون بالغة الصغر حتى إن هذه العجلات والتروس المصغرة التى تعمل بسرعة كبيرة - وهى المادة التقليدية فى آلات الجمع - لن تكون كافية.

وكانت شركات الهاتف قد وصلت إلى حدود المفاتيح المعدنية الصغيرة منذ زمن طويل من قبل. تكونت أول مفاتيح تم تحسينها من رجال شباب أقوياء يفصلون ماديًا القابس من خط يسير فى فتحة فى لوحة كبيرة ويدفعونه فى خط آخر. (وحيث إن هذه اللوحة board كانت حيث كل المفاتيح switches موجودة، فإن لوحة المفاتيح switchboard ظهرت بعد ذلك بوقت قصير). عندما وجد المشرفون أن الرجال يلعنون كثيراً (وأنه من السهل بالنسبة لهم أيضًا أن يغضبوا وينضموا إلى الاتحادات)، تم استبدال الذكور بإناث أكثر أناقة، عندما وجد مدراء نظام بيل فى أواخر تسعينيات

القرن التاسع عشر أنه حتى المكاتب الكبيرة المليئة بمثل هؤلاء النسوة كانت محملة أكثر مما تطيق، بدأ استخدام أول مفاتيح شبه كهربائية.

استخدمت هذه المفاتيح أسلاكًا معدنية بالغة الرقة كانت تعمل مثل القناطر المتحركة المصغرة الدوارة. تندفع الإلكترونات إلى فوهة القنطرة المتحركة، فإذا كانت القنطرة فى مكانها تسرع الإلكترونات عبر الفجوة. ولكن إذا كان سلك القنطرة مرفوعًا أو تمت إدارته إلى أحد الجوانب، يتم كبح الإلكترونات فتتوقف، أو تسقط فقط بلا هدف فى الفجوة، ولا تعبر الإشارة التى تحملها.

لسوء الحظ، كانت أكثر مفاتيح الهاتف تطورًا فى الثلاثينيات بالغة الضخامة بحيث لا تناسب أغراض تورنج. قد تقوم آلة التفكير الكهربائية التى تصورها تورنج بتصنيف الكثير جدًا من "الأفكار" المختلفة وترتيبها، بحيث تحتاج إلى آلاف، وربما ملايين، من مفاتيح التشغيل المتزامنة. ولن تكون مثل هذه الأسلاك المعدنية الكبيرة، مهما كانت نحيلة، مناسبة.

ما احتاج إليه، بالطبع، تمثل فى تبصرات جديدة للفيزياء حول نقل الإلكترونات "عن بعد" وبقية ما يطلق عليه ميكانيكا الكم[٣١]. كانت النظريات الجديدة تشير إلى أن الإلكترونات يمكن أن تقوم بدور المفاتيح دون الحاجة إلى توجيهها عبر الأسلاك الدائرة البطيئة. وبدلاً عن ذلك، لو أنه يمكن فى أى وقت تطبيق القواعد الكمية الصحيحة يمكن جعل الإلكترونات تقفز وتغير الموقع حتى فى مادة صلبة غير متحركة.

كان هذا هو الحلم، ودرس تورنج ما يكفى من الفيزياء ليعرف البحث الجديد فى ميكانيكا الكم. وكان الكثير من مؤسسى هذا المجال يعملون حوله فى كمبردج. لكن، مثل المهندسين وعلماء الرياضيات الآخرين، كان يعتقد أن الظواهر الكمية كانت مختبئة على الدوام بعيدًا عنا، مقتصرة على عالم تحت ذرى بالغ الصغر بحيث لا يمكن الاستفادة منه أبدًا. ويبدو أنه، فى ذلك الوقت، لم يكن يعتبر بشكل جاد أن المفاتيح الكمية هى ما يبحث عنه.

ظل يفتقد إلى موركوم، لكنه عرف أنه يحتاج إلى روح جديدة قريبة منه، وإلى شخص يشاركه أفكاره متزايدة الحدة حول الوعى والآلات - ربما حتى حول ما يعنيه

أن نكون مجرد ترتيبات برامج تنتقل بسرعة، مربوطين بالنير وبالحيوان المحتضر لييتس Yeats. ولأن تورنج حصل على شهرة مهنية من أبحاثه حول هلبرت، تمت دعوته لقضاء بعض الوقت في برنستون، حيث كان يدّرس البروفيسور متقد الذكاء أيضًا جون فون نيومان John von Neumann. في البداية بدا فون نيومان هو الزميل المفكر كما اعتقد تورنج. لكن فون نيومان كان دائمًا شخصًا متقلبًا. في المجر، حيث شب، كان اسمه الأول جانوس، ثم أصبح من حسن التوفيق في جوتنجن جوهان، والآن في برنستون كان جونى المسن الطيب. كان قد تأمرك بشكل مفرط، ويصر على حياة اجتماعية يهيمن عليها حفلات الكوكتيل الزاعقة. ويبدو أن تورنج ذهب إلى بعض هذه الحفلات، لكنه لم يستطع قط الوصول إلى سرعة انفعال فون نيومان، وعاد إلى إنجلترا بعد بضعة فصول دراسية فقط.

خلال الحرب العالمية الثانية، تمت إعارة تورنج كجزء من جماعة فك الشفرة لدى الحكومة البريطانية في بلتشلى بارك، جنوب إنجلترا[٣٢]. وكان هناك أكاديميون، يبتهجون بتحريرهم من ضجر جامعة أوكسبريدج العتيقة، وكان هناك خبراء كلمات متقاطعة وموظفون بحريون ومدير أبحاث في إدارة مستودعات جون لويس (والذى كان أيضًا بطلاً في الشطرنج)، وفي هذا الخليط عادت الحياة إلى تورنج. كان يحب دائمًا استخدام فطنته لأهداف عملية – كان قد علم نفسه في كمبردج لتحديد الوقت بالنظر إلى النجوم – وفي بليتشلى، حول ملاعب الكريكت المرتجلة وأكواخ الآجر الأحمر على أراضى مالك العزبة، حصل على فرصته. تم تعيينه في الفريق الذى يعمل على حل لغز آلات الإنيجما Enigma، التي يستخدمها الكثيرون في الجيش والبحرية الألمانيتين لتشفير رسائلهم. خلال بضعة أسابيع ساهم تورنج في ابتكار تقنيات جديدة لحل الشفرة، وخلال شهرين ترأس وحدة حل كل شفرات البحرية الألمانية.

في أواخر ١٩٤٠ كانت تلك من أكثر العمليات البريطانية كلها أهمية، لأنه لو لم يتم العثور على الغواصات الألمانية التي كانت تدمر سفن الحماية في الأطلسى، كانت بريطانيا ستعانى ببطء ولكن بشكل لا مرد له. احتاجت وحدته إلى تصنيع بعض الأجهزة التي يمكنها نسخ، ولو بشكل جزئى على الأقل، الأعمال الداخلية للآلات الألمانية والتحرك بعنف خلال عشرات الآلاف من التبديلات كل ساعة. وتم إعطاء

الجهاز البريطانى، الذى كان يعمل بتروس مسننة وشريط مثقب ودوائر كهربائية بسيطة، اسم "قنبلة".

لم يكن حاسبًا، لأنه كانت هناك حاجة لعدد ضخم من الكتبة لتشغيل أجهزة القنبلة، عشرات منهم فى البداية، ثم مئات. وكلهم تقريبًا كانوا سيدات شابات، يتم تشغيلهن عادة من عائلات فى قمة الطبقة المتوسطة فى الخدمة البحرية الملكية للنساء - Wrens للاختصار. لكن كان هناك ما هو مثير للاهتمام بالنسبة لهذا الجمع بين البشر والآلات. لأنه مع عمل هؤلاء النساء وجهاز القنبلة معًا، ابتكر تورنج أقرب شيء مع ذلك للحاسب الشامل الذى تخيله فى سنوات ما قبل الحرب تمامًا. كان هذا الجمع بين " نساء البحرية والدوائر الكهربائية البسيطة فى الآلات التى كن يشرفن عليها"، من بعض الوجوه، هو "العتاد hardware. عندما تأتى بيانات جديدة من العالم الخارجى - عندما تحول الألمان إلى عملية تشفير مختلفة، أو يكون زميل قد اقترح مقاربة جديدة - كان على تورنج ببساطة أن يعيد "برمجة" programming مجمل الجماعة العاملة من أجله.

كان التطور بطيئًا فى البداية. وكانت سفن الحماية تبحر أحيانًا تجاه مناطق تعرف الأدميرالية أن فيها مجموعات من الغواصات الألمانية تنتظر، لكن الجهاز الآلى الذى يطقطق والذى تشرف عليه خدمة البحرية الملكية للنساء لم يستطع حل إشارات الموجات القصيرة الألمانية الاعتراضية فى الوقت المناسب. كانوا يعرفون فى فزع أن السفن تنفجر والبحارة يغرقون. لكن تورنج كان معلمًا فى تنظيم الجماعات الصغيرة، التى كانت تنجح غالبًا بشكل متزايد. لم يكن "حاسبه" قد وُجد بعد كشىء مادى لكن أصبح لديه الآن مرادف لأغلب أجزائه - الذاكرة، والمعالج والبرمجيات التى يعاد تجهيزها - وهى تعمل، وإن كانت موزعة فى مبانٍ منفصلة، وهى مصنوعة من عناصر متباينة مثل خدمة البحرية النسائية، والأسلاك الكهربائية النحاسية، وأفكار تورنج الخاصة.

عندئذ وقع فى الحب - أو على الأقل "فى الاحترام". كانت جوان كلارك Joan Clarke طالبة رياضيات شابة فى كمبردج تم إرسالها إلى قسمه فى بليتشلى. أخبرها

بأن لديه "نزعات شذوذ جنسى"، لكنها لم تهتم على ما يبدو، وبدا نوعًا من الرومانسية يمكن لزوج من الشباب يعملان بإفراط ومفتونان بالرياضيات أن يجداها أمرًا طبيعيًا. وكان يسترخيان معًا فى وقت فراغهما فى مرج حديقة بليتشلى، يعلقان على الأنماط الرياضية فى الأقحوانات التى يقطفها كل منهما للآخر. وفى الفجر، بعد ليلة مناوبة عمل مجهدة لمدة تسع ساعات، لعبا فيها مباريات، كان تورنج يطلق عليها "الشطرنج النعسان" (باستخدام قطع طَفل كانا قد التقطاها من جهاز التدفئة بالماء الساخن فى غرفة راحته). ذات مرة نسج تورنج زوج قفازات، لكنه لم يكن بالبراعة اليدوية بما يكفى للانتهاء من أطراف الأصابع، وجوان، بمداعبة خفيفة فقط، قامت بعمل ذلك له.

بدأ التقدم الكهربائى الأكثر أهمية فى فبراير ١٩٤٢، عندما تحولت البحرية الألمانية إلى أنواع جديدة من التشفير. وفجأة اختفت كل الاستخبارات المتطورة التى كانت تحصل عليها بليتشلى عن مجموعات ذئاب الغواصات الألمانية. ومع ذلك لم يكن الرادار الهوائى جاهزًا تمامًا للقيام بالمهمة. كانت البحرية الملكية، ومعها حلفاؤها الأمريكيون الجدد، تعمل فى حالة من العماء. كان تورنج قلقًا، وكان يأكل نقرًا فى جوانب أصابعه كثيرًا حتى تكوّن قرح مفتوح. التطوير الذى أجرته البحرية الألمانية على آلات إنيجما كان شيئًا حطمه تورنج أخيرًا، باستخدام تقنيته فى أجهزة القنبلة. لكن القوات الألمانية كانت قد طورت فى نفس الوقت شفرة جديدة، لاستخدامها فى اتصالات بالغة الأهمية مثل رسائل الإدارة العليا، وهذا ما لم تستطع أجهزة القنبلة البسيطة اختراقه.

من هذا المأزق جاء تمويل من آخرين فى بليتشلى لصناعة آلة أكثر تطورًا بكثير تسمى كولوساس Colossus، آلة أقرب بعدة خطوات من رؤية تورنج فى الثلاثينيات. بمجرد عملها، ولدت كبلاتها الداخلية التى تمتد مئات الأميال حرارة شديدة، على ما يبدو، حتى إن الخدمة البحرية الملكية التى ضبطت تجهيز القابس الخاص بها أحيانا كان عليها أن تطلب من كل الرجال مغادرة البناية، حتى يمكنهم التجرد بما يكفى من الملابس للعمل فى الحرارة.

كان عمل تورنج مهمًا بما يكفى لنيله رتبة الإمبراطورية البريطانية المبتغاة. فى مفكرة كتبها لداوننج ستريت حول تأخر إمدادت لبليتشلى نتج عنها أن صدم تشرتشل الموظف الرئيسى فى طاقمه بمفكرة: "العمل اليوم: تأكد من أنهم حصلوا على كل ما يريدونه بأولوية مطلقة...". ولكن رغم ذلك، كانت آلة كولوساس لا تزال فى حاجة إلى إعادة ترتيبها بشكل مرهق كل يوم تقريبًا، حيث كان الألمان يغيرون بشكل منتظم تفاصيل كيفية إرسال الرسائل. كانت الآلة أكثر من كونها آلة حاسبة، لكنها لم تكن قد أصبحت بعد حاسبًا حقيقيًا قابلاً للبرمجة(٣٣). كانت تستطيع أن تجرى فقط أبسط تصنيع للقرارات بنفسها. مقارنة بما كان تورنج قد تخيله، كانت لا تزال بطيئة إلى حد كبير.

عندما انتهت الحرب، فى ١٩٤٥، كان تورنج متحمسًا لإنجاز المزيد. فى أحد أيامه الأخيرة فى بليتشلى، عندما سلم وجوان عملهما عالى المرتبة، أخبرها تورنج أنه أقنع مختبر الفيزياء القومى NPL خارج لندن بإعطائه فريقًا بحيث يمكنه، أخيرًا، صناعة الآلة القابلة للتغير إلى مالا نهاية التى تصورها. كان هو وجوان قد تفرقا – بتفكير هادئ كانت قد قررت الزواج من رجل مرح لم يكن أكثر الخيارات حكمة – لكن تلك كانت لحظة تبادل الثقة.

فى البداية سارت الأمور بشكل جيد. كان رئيس المختبر هو السير تشارلز داروين Charles Darwin، حفيد عالم البيولوجيا العظيم، وأحد أفضل المديرين المتصلين بالعلم فى ذلك القرن. ما لم يدركه تورنج فى البداية – رغم أنه تعلمه بسرعة – أنه رغم كون داروين عالمًا مفيدًا باعتباره شابًا، وكان قد ساعد بالفعل رذرفورد بنموذج المجموعة الشمسية الأصلى للذرة، فإنه الآن شخص يتنحنح، ونبيل يدخن البايب.

يبدو أن داروين كان يشعر بأن هذا الزميل الغريب تورنج رغب فى إنشاء آلة عملية، أو حتى عدد من الآلات العملية، وهذا أمر ممتاز. وعلى أى حال، كانت بريطانيا ما بعد الحرب فى حاجة إلى مثل هذه المساعدة. لكن لماذا كان راغبًا فى متابعة العمل فى هذه الآلة "الشاملة"، وما كل هذه التأملات التى سمع أن تورنج يفشيها فجأة – كان من الصعب إبعاده عن الصحافيين – حول حاسبًا يمكنه فى يوم

ما أن يكتب السوناتة، أو يمكن إعطاؤه سيقانًا ميكانيكية ليتجول فى الريف، أو يمكن برمجته ليتعلم أى شىء يمكن تصوره؟

كانت لهما لقاءات، وعندما تحدث تورنج عن الحاجة إلى أنابيب مفرغة ومرحلات مفاتيح هاتف، أثار هذا اهتمام داروين. وعندما تحدث تورنج عن الرياضة البحتة، كان مؤدبًا. ولكن عندما أصر تورنج على الحديث عن البرمجيات، واقترح أنهما ليسا فى حاجة إلى صناعة آلة معقدة، وأن هدفهما كان جعل الآلة "تنجز كل أنواع الأشياء المختلفة، ببساطة بالبرمجة أكثر من إضافة المزيد من الأجهزة"، قرر السير تشارلز أن هذا الرجل الشاب لا يفهم العالم الحديث على أى حال. كيف يكون من المحتمل إمكانية صناعة آلة على ألا تكون، بشكل خاص، أية آلة معينة على أى حال؟ كانت هناك إشاعات بأن تورنج قد صنع شيئًا بالغ الأهمية فى الحرب، لكن بالنسبة لداروين بدا خارجًا عن رشده.

كان تورنج منزعجًا إلى حد كبير. الطريقة الوحيدة لجعل حاسب يعمل، حسب ما عرف، كان ابتكار آلة مادية بالغة البساطة، بترتيب عتاد داخلها من المرونة بحيث يمكن تكريس الجهد لاكتشاف برمجة بسيطة يمكنها تغيير كيفية تحرك الإشارات الكهربائية فى الداخل جيئة وذهابًا هنا وهناك. لم تكن هناك حاجة إلى صناعة آلة مادية مرة أخرى وفى كل مرة. اقترب زملاؤه من العمال من هذا التصميم مع كولوساس زمن الحرب، فى جهودهم لمتابعة الترتيبات المتغيرة باستمرار داخل آلات التشفير الألمانية. فى بليتشلى كان هناك من الوقت ما يكفى لعمل المزيد، فلماذا لا يتركه أحد فى التقدم أكثر الآن؟

لم يكن ذا فائدة أن تورنج لا يزال غير متوفر لديه ما يكفى من العناصر المصغرة لمفاتيحه أو أجهزة التخزين لديه. (يمكن للبرمجيات داخل الآلات أن تكون مجرد نمط دوائر كهربائية قابل للتغيير، لكن يجب أن يكون هناك أيضًا عتاد صلب، مثل قسم الذاكرة لتسجيل ما تكتشفه البرمجيات). ومع ذلك فإن العناصر الوحيدة التى كانت متوافرة كانت ضخمة وغير عملية. لتحسين أجهزة الذاكرة جرب خدعة من مشروع رادار الحرب العالمية الثانية، حيث توصل التقنيون إلى أنه بملء أنبوب أسطوانى كبير

بجالونات من الزئبق السائل عالى الكثافة، وإرسال نبضات من موجات السائل خلال هذا الزئبق، ترتد هذه النبضات إلى الأمام وإلى الخلف داخل الأنبوب بدقة مدهشة.

تبدو النبضات سريعة بالنسبة إلينا، لكنها شديدة البطء على المقياس الزمنى للإلكترونات حتى إن الأنماط تستمر وقتًا كافيًا لتشكيل آلة الذاكرة المطلوبة. ومع ذلك كان التمويل بالغ الضآلة حتى إنه تم استنزاف تورنج فى فترة ما فى تنظيف حقول فى الضواحى خارج مختبر الفيزياء القومى NPL بحثًا عن بقايا أنابيب السباكة لاستخدامها فى ذاكرة حاسبه الضخمة. عندما انتهى ١٩٤٦ وبدأ عام ١٩٤٧، لم يحرز تورنج أى تقدم تقريبًا. وأصاب الشك داروين والمدراء الآخرين، وبحث تورنج عن أعمال أخرى.

فى خريف ١٩٤٨، انتقل تورنج إلى مانشستر، حيث قيل إن شيئًا ما يقترب من حاسب حقيقى كان فى طريقه للإنشاء. (كانت هناك مشروعات متنافسة فى المملكة المتحدة وقتها، حيث كان عدد من الباحثين قد التقطوا أبحاث تورنج ما قبل الحرب، أو عملاً أمريكيًا فى زمن الحرب مشابهًا لما ظل يصنف على أنه آلة كولوساس. ورغبت كل الفرق فى إحراز المزيد من التقدم فى هذه البحث). لكن لو أن لندن وبرنستون كانا أمرًا صعبًا بالنسبة لتورنج، فإن مانشستر كانت مستحيلة. كان علماء الرياضيات المصممون للجهاز على علاقة صداقة كافية به، لكنهم كانوا قد بدأوا بالفعل فى مخططاتهم الخاصة، والتى لم تكن حتى بنفس جرأة رؤية تورنج الأصلية ١٩٣٧.

لعل الطاقم العملى فى المختبرات الهندسية قد استطاع تحسين التصميم، لكنهم كانوا حذرين عندما قدم تورنج بلهجته، لهجة المدرسة الإعدادية وجنوب إنجلترا – نفسه وحاول الحصول على مساعدتهم. كان الجميع فى بليتشلى يعملون معًا، لكن هذا حدث فى ذلك الوقت، لقد كانت وحدة وقت الحرب فى طريقها إلى الذبول. كان لدى مهندسى مانشستر خبرة مدى العمر لتوضيح أن شخصًا بلهجته كان من المرجح أن يتجاهلهم بشكل متكبر، أو على الأقل لن يكون لديه نصيحة مفيدة يقدمها. كان تورنج يعرف أنه مختلف. لعل السنوات التى قضاها مع أجهزة الراديو وأجهزة قراءة البطاقة المثقبة وإنشاء نظم كهربائية من كل نوع تقريبًا، تسمح له بإعطائهم الكثير من المؤشرات

المفيدة، لكن بالنظام المدرسى بالغ الصرامة، كان العادى، بشكل خفى، أنه من المستحيل الثقة فيهم، لقد تمت إعاقة تورنج.

فى الواقع كانت هناك تقنية جديدة يتم استكمالها فى أمريكا قد تغير حياته - تقنية تتضمن وضع الخواص المكتشفة حديثًا للإلكترونات فى العالم الكمى تحت المجهرى تحت السيطرة(٣٤). بل سمع تورنج شائعات فاتنة عن هذه الأجهزة، لكن الحرب المدرسية الصامتة كانت تعنى أنه لا يستطيع العمل مع المهندسين لتعقب هذه التقنية، وعلى أى حال لم تكن هناك أية إشارة على أنه تم إنتاج هذه التقنية بالفعل.

تلكأ أغلب سنة ١٩٤٩، وهو يجرب موضوعًا بعد الآخر، وفى مرحلة ما تم اعتباره مقتفيًا أثر كمبردج، لكن أن يصبح أكاديميًا فهذا يعتبر على أى حال فعلاً ثانويًا منه، جرب بعض موضوعاته الرئيسية القديمة فى الرياضيات البحتة، لكنه كان قد أصبح مسنًا إلى حد كبير بالنسبة لذلك أيضًا. كتب له فون نيومان ملاحظة مرحة من برينستون ("العزيز ألان،... ما المشاكل التى تعمل عليها الآن، وما برنامجك للمستقبل القريب؟). لكن لم يكن لدى تورنج سوى القليل ليجيب. كان وحيداً، ربما أكثر بكثير من أى وقت مضى.

لفترة زمنية قصيرة عاد إلى تحليل الأنماط فى دوامات الأقحوان والنباتات الأخرى، ربما ليتذكر تلك الأيام الدافئة فى المرجة الخضراء مع جوان كلارك. وكان قد بدأ أيضًا فى التفكير فيما قد يعنيه حقًا أن يكون كائنًا منفرداً ومن ذلك توصل إلى بحث عن الذكاء الاصطناعى وطبيعة الإدراك الذاتى، وهو ما سوف يصنف بعد عدة سنوات فقط من وفاته باعتبارها أمرًا أساسيًا بالنسبة للدراسات الحديثة فى الإدراك والحاسب. (أيضًا أصبحت أفكاره عن محاكاة الحاسب والتطور البيولوجى مهمة للأبحاث الراهنة). لكن فى مانشستر ما بعد الحرب، حيث تمت صناعة القليل فقط من الحاسب المثالى الذى تصوره، كانت الأقحوانات والعقول المعزولة مجرد إشارة أخرى على خروج هذا الرجل الغريب عن الموضوع، تم تجاهل تورنج من جديد، ولعله قد قبل ذلك.

استمرت أمه فى الكتابة إليه بانتظام، متسائلة بشكل متواضع عن تقدمه فى العثور على زوجة، أصبح من الصعب أكثر أن يكتب ردًا بالأكاذيب العادية، كان حب حياته ضئيلاً وربما كان فى ذاكرة الحمامات الباردة من أيام المدرسة الابتدائية. كان تورنج قد استأنف الجرى مسافات طويلة، وكان قد تم ترتيبه فى فترة ما كأحد عدائى الماراثون الأوائل فى بريطانيا. (كانت أفضل أوقاته فى الدقائق السبع عشرة فى السجل الأوليمبى الموجود فى ذلك الوقت. وتم اعتباره ضمن الفريق الأوليمبى البريطانى، لكن منع ذلك إصابة غير متوقعة فى الورك).

بدلاً عن الحب الحقيقى استكان للانتعاشات المتقطعة العفوية، لم تكن لها أهمية كبيرة حتى حدث، فى ليلة من يناير ١٩٥٢، أن أدرك تورنج أن عاملاً شابًا كان يقضى الليل لديه لعله نقل معلومات عن بيته لشريك، لأن تورنج عندما وصل إلى البيت، وجد أنه تم السطو على بيته. ذهب إلى الشرطة ليشتكى، ربما وقد أزعجه انتهاك الثقة أكثر من القيمة المالية لما تمت سرقته.

كان خطأ مروعًا. كان الشذوذ الجنسى جريمة فى بريطانيا حينئذ، ربما كان يتم التعامل معه فى كمبردج بتوبيخ، وفى لندن بعد وقت لم يكن طويلاً، تم القبض على الممثل جون جيلجاد John Gielgud بذنب مماثل، ومع ذلك سمحت له مجموعة أصدقائه تشكيل ضغط لتقليص وقت السجن، ولم تكن التقارير الصحافية تتحدث بحرية. لكن مانشستر لم تكن لا لندن ولا كمبردج. تم القبض على الشريك، وعلى الفور تم توريط تورنج فى مقابل الإعفاء، بالطبع، وتم القبض عليه. وقف أمام المحكمة بعد وقت قصير، وحيداً، بسبب ما كان يعتبر حينئذ جريمة بالغة الخطورة.

بسبب خدمته وقت الحرب - وجائزة من الحكومة البريطانية، وتلميحات بأنه من المحتمل اختياره لمرتبة الفروسية - تم الاتفاق على إمكانية أن يتجنب السجن. لكن ذلك كان يعنى الموافقة على تكبد علاج تجريبى لـ "علاج" شذوذه الجنسى. كان العلاج استنزافًا إلزاميًا لهرمونات الأنوثة. وكان هناك القليل من البدائل التى يمكن قبولها، قد يكون السجن قاسياً، وفقط فى أية جامعة يمكن لتورنج الاستمرار فى عمله.

بدأ تورنج استعمال مجموعة الحبوب، متناولاً إياها فى فترات زمنية منتظمة كما هو مطلوب. ظن فى البداية أن التأثيرات قد تكون عديمة الأهمية، لكن العلاج جعل من الصعب عليه أن يركز، حتى لو كان قد حاول تخفيض الجرعة، لم يكن القاضى ليهدأ ولم يكن ليسمح بذلك، عندئذ، مع استمرار العلاج الهرمونى، وجد تورنج وقد أصيب بالفزع أن ثدييه بدآ فى النمو.

كان هذا كثيراً جداً، ولم يكن له رفاق مثقفون، ولم تكن لديه فرصة للحب - والآن كان جسمه وعقله فى طريقهما للدمار. توقف العلاج فى أبريل ١٩٥٣، لكنه لم يشف قط، فى إحدى أمسيات يونيو الممطرة فى ١٩٥٤، كان تورنج فى منزله فى ضاحية مانشستر فى ولمسلو، قطف تفاحة ثم فتح جرة سيانيد البوتاسيوم التى كان يحتفظ بها لتفاعلات التغطية بالذهب فى تجاربه الكهربائية. كان لا يزال فى الجرة بعض من السيانيد عندما تم فحصها فى اليوم التالى، والتفاحة التى عُثر عليها بجانب جسده، كان قد قضمها عدة قضمات.

الفصل العاشر

أسطورة تورنج

نيوجيرسي، ١٩٤٧

ما كان تورنج يسعى وراءه - ولعله كان سينقذ حياته - كان أمام عينيه طوال الوقت، بل إنه تلقى تلميحاً عنه في ١٩٤٨، حتى قبل انتقاله إلى مانشستر. لقد كتب له صديق من أيام بلتشلي، وهو جاك جود Jack Good:

هل سمعت عن الترانزستور (أو ترانزستور)؟ إنه بللورة صغيرة يفترض أن تقوم بـ "كل مهام الأنبوب المفرغ تقريباً". لعله ببساطة أهم شيء منذ الحرب، هل ستلقى إنجلترا نظرة عليه؟".

لكن لم يكن هناك سوى الصمت، وحدث شيء ما في أمريكا كان نتيجة بطء تطوير الجهاز الجديد، ويعود السبب إلى صلب طريقة عمله.

عندما كان تورنج طالباً، كان أغلب اختصاصي الكهرباء يشعرون بأن كل المواد في العالم تم تقسيمها إلى نوعين مختلفين تماماً. كانت هناك مواد مثل الفولاذ والنحاس يمكنها نقل التيار الكهربائي، وهناك مواد مثل الزجاج والخشب لا يمكنها أبداً نقل أو توصيل التيار، تمت تسمية المجموعة الأولى بالموصلات، والثانية بالمواد العازلة، وهناك ما هو مشترك مثل خنازير الأرض ومناجم الفحم: فقط لا تتداخل المجموعتان.

بدا أن هذا التمثيل البسيط يفسر الأسئلة القديمة حول سبب رؤيتنا من خلال الزجاج وليس من خلال الفولاذ. يبدو حائط الفولاذ كما لو كان يشبه قليلاً معبداً

مصريًا مهجوراً، مليئًا بأعمدة من ذرات الحديد والكربون المصفوفة بشكل بارع؟ ومع ذلك، لو تمت رؤية هذه الذرات عن قرب فإنها لا تكون ناعمة أو مهندمة. الكثير منها فقد إلكتروناته الخارجية تمامًا، و - كما رأينا فى الفصل الأول للرادار - تطفو هذه الإلكترونات بلا هدف داخل الفولاذ. عندما يمر الضوء بسرعة فى الداخل، فإنه يتم استنفاده باستمرار وهو يدفع هذه الإلكترونات بعنف بحيث تبدأ فى الحركة بطاقة أكبر. هذا يعنى أنه مع دخول الضوء بشكل أعمق فى الفولاذ، سيكون هناك القليل منه الذى لم ينحرف - "ينغمر" - بواسطة هذه الإلكترونات الحرة المتسللة. يبدو الأمر كما لو أن موجة من المستكشفين دخلوا إلى المعبد المهجور - واحداً بعد الآخر - وتم سحبهم خلف الأعمدة. وبعد وقت قصير جداً لن يكون قد تبقى الكثير من المستكشفين. الموجات التى تنعكس منك يمكنها الانتقال إلى جانب واحد، لكنها لن تخرج من الآخر.

فى حائط من الزجاج، بالعكس، ستتصرف الذرات بشكل أفضل. تكون إلكتروناتها الخارجية مرتبطة بشكل أكثر إحكامًا بكثير بذراتها ولا تهتم بالمستكشفين الذين يعترضونها فجأة. وموجة الضوء التى تدخل إلى نطاقها سوف تحلق إلى الداخل والخارج لم تصب بأذى، وتظهر لامعة أكثر من أى وقت مضى. وموجات الضوء المنعكسة منك سوف ترحل عبر طريقها - يمكن لأى أحد فى الجانب الآخر أن يراك.

هذا الاختلاف هو سبب أن المعادن توصل الكهرباء، ولا يفعل الزجاج ذلك، بالفعل هو سبب أن الأسلاك الكهربائية يتم وضعها غالبًا فى عوازل زجاجية. ينشط التيار بسهولة خلال النحاس أو الألمنيوم فى هذه الأسلاك، لأن لدى المعادن الكثير جداً من الإلكترونات الحرة داخله. قوة الدفع، الإعصار غير المرئى من محطة الطاقة، يوقفه فقط ويدفعه عبر السلك. مع ذلك، لا يعبر التيار العوازل الزجاجية لأنه لا توجد إلكتروانات حرة داخلها لكى تصبح تياراً متحركًا. يشبه برج الكهرباء المتوهجة مفتاحًا بالغ الغباء: إنه باستمرار فى وضع "التشغيل"، حيث يجرى التيار الكهربائى فقط إلى الأمام، عبر السلك، ولا يغير الاتجاه إلى أسفل خلال العوازل الزجاجية التى يستند عليها السلك.

لو كان هناك فقط هذان الاحتمالان - أن بعض المواد تكون دائمًا موصلة للتيار الكهربائى، وأخرى لا يمكنها أبدًا أن تفعل ذلك - عندئذ تتكون أسطورة تورنج فقط من بضعة أبحاث مثيرة للاهتمام وبعض الحجرات شديدة السخونة باستمرار مليئة بالقابسات والأنابيب المفرغة على هيئة ترتيبات معقدة. ولم تكن الحاسبات التى نسلم بصحتها حاليًا لتوجد، لكن المعدن والزجاج ليسا هما المواد الموجودة فقط.

فى كوننا شىء آخر - وهذا يطرح احتمالاً ثالثًا.

عندما كان تورنج يجرى مسافات طويلة، كان يمر غالبًا بممرات ريفية كثيرة التلال، أو حتى تتسارع مباشرة على الشواطئ الرملية التى تتميز بها كثيرًا بريطانيا، لكونها جزيرة. تتكون هذه الرمال والتلال فى جزئها الأكبر من عنصر السليكون، كما هو الأمر بالفعل مع سطح كوكبنا - وجبل إفرست مكون فى معظمه من السليكون.

كان تقنيو الراديو منزعجين من السليكون لفترة طويلة، فهو لا يناسب التصنيفين المقبولين مثله مثل كل شىء آخر: فهو ليس معدنًا يقوم بتوصيل الكهرباء باستمرار، ولا يشبه الزجاج أو الألماس اللذين لا يوصلان الكهرباء. لقد كان مختلفًا، ومثيرًا للإرباك. وفى أغلب الأوقات، لو أن شظية من السليكون كانت فى دائرة كهربائية فإنها كانت تعمل على ما يبدو مثل عازل عادى تمت تجربته. كان هذا أمرًا رائعًا، لو أنك وضعت سلكًا فى سليكون، فإن أى تيار ينتقل خلال السلك سوف يتم كبحه ويتوقف عندما يصل إلى هذا الحاجز.

الذى كان يحير تقنيى الراديو أن السليكون لا يتصرف باستمرار بهذه الطريقة، أحيانا قد يحدث لكتلة من السليكون تظن أنها ستكون عازلاً فيحدث لها أحيانًا ما يبدو تحولاً غير مرئى وتمددًا فى الداخل، ثم لا تكون بعد ذلك عازلاً جيدًا، ثم لا تصبح عازلاً جيدًا يمكن الاعتماد عليه، أو يمكن الاطمئنان إليه. وبدلاً عن ذلك، يعمل الآن مثل أى موصل، يحمل فيضانات الإلكترونات عبره، لم يكن هذا أو ذاك، لقد كان "شبه موصلsemiconductor".

كان السليكون شديد التقلب حتى إنه عندما بدأ قسم الأبحاث فى مختبرات بيل جهودًا لابتكار مفاتيح غير ميكانيكية، كان أحد أوائل الموجهين - فى حكمة من أطلق

ديزنى جيفرى كاتزنبرج Jeffrey Katzenberg تمامًا قبل إنتاج شريك Shrek – على وشك إلغاء كل الأبحاث على السليكون. ولحسن الحظ، كانت مختبرات بيل بالغة الضخامة أيضًا، ومن السهل تجنب الموجهين فى الشركات الكبرى. كان هناك على الأقل باحث واحد، هو راسل أوهل Rassell Ohl، والذى كان مهتمًا بالطبيعة القابلة للتغير للسليكون لعدة سنوات. وضع قطعًا صغيرة منه فى دوائر كهرائية لأجهزة استقبال الراديو، ثم وضعها فى عربة الأطفال الخاصة بابنه. ثم أخذ يتجول فى نيويورك، متمتعًا بالقياس المضبوط لصلاحية أن يكون السليكون موصلاً للكهرباء من عدمه، بينما يتيح لابنه أيضًا تنزهًا جيدًا فى الهواء الطلق. كان متحمسًا لإمكانية أن تستطيع هذه المادة الحساسة المتقلبة أن تكون مفيدة فى يوم ما. بعد أن كبر ابن أوهل عن العربة، تم الاستغناء عن نزهاتهما السعيدة بالسليكون، لكن أوهل ظل راغبًا فى إجراء المزيد من الأبحاث حول السليكون فى مختبراته. عندما حاولت بيل إلغاء أبحاثه، دبر بالحيلة طريقة ملتوية تجاه موجهى الشركة واحتفظ بجماعة السليكون.

فى عام ١٩٤٦ ثم ١٩٤٧، ما كان يحدث داخل السليكون أصبح فى النهاية واضحًا، بفضل الأعمال المبكرة لأوهل وآخرين. قد يشكل السليكون أحيانًا شبيكات بلورية مضبوطة، تمتد مثل رسومات م. س. إيشر M. C. Escher المضطربة، حيث تمتد إطارات الأبعاد الثلاثة إلى مالا نهاية. لكن من الصعب وجود الكمال على كوكبنا، عندما وُجد السليكون فى البرية، أو تمت إذابته ثم تبريده فى المصنع، من المرجح أكثر أن تظهر تشققات وفجوات بالغة الصغر فى الإطارات الكاملة. تكون بضع ذرات دخيلة مثل الفسفور قد انزلقت بسهولة فى شقوق الشبيكة، وتجلب إلكترونات دخيلة. هذا رائع، فهناك المزيد من الإلكترونات المعرضة للهجوم[٣٥].

لو أن ما تفعله هذه الإلكترونات ليس سوى الانتقال بسرعة، سوف يصبح السليكون ببساطة مفتاحًا آخر مضبوطا باستمرار على وضع "التشغيل". لكن أوهل وغيره كانوا يعرفون ما يكفى من ميكانيكا الكم لكى يدركوا أن الإلكترونات التى تتشارك فى الفراغات داخل شبيكة السليكون يمكنها أن تؤثر على بعضها ويبطئ أحيانًا كل منها الآخر، حتى عبر مسافات تكون ضخمة على المستوى الذرى[٣٦]. بمجرد وضع العدد المناسب من الإلكترونات المندسة هناك، يمكن ضبط هذه التأثيرات الغريبة بحيث تجعل

من الممكن فجأة أن تقفز الإلكترونات عبر طريقها مما قد ينقل تياراً. لكن مع بعض الضبط المختلف قليلاً من الخارج، وهو ما أنتجه باحثو بيل الذين يحدقون في مبتكراتهم على طاولة المختبر، يلكزون ويحثون ويضيفون مواد مختلفة أو يطبقون - بعناية فائقة - مجالات قوى مختلفة، قد تنتهي التأثيرات الغريبة "لتخفيف السرعة"، وقد يتم إطلاق الإلكترونات حرة لكي تتسارع إلى الأمام بسرعة من جديد.

كان من الصعب أن يتعامل شخص بمفرده مع الكيمياء، وكان أوهل يجد أنها فوق طاقته. وبدأت موارد مختبرات بيل تنتقل إلى والتر براتين **Walter Brattain**، عالم التجارب الهادئ الذي كان مربي ماشية في أوريجون، وجون باردين **John Bardeen**، الذي كان عالم تجارب أكثر هدوءاً أيضاً من ويسكونسين. (كان براتين بالغ الهدوء، ذا مظهر شاب، حتى إنه عندما كان يطلب من الطلاب الأكبر سناً في جامعة ويسكونسين لعب البلياردو من أجل المال، كانوا يقبلون عرضه باستمرار. وكان بنفس الهدوء المؤدب أيضاً عندما كان يأخذ مالهم بعد اللعب - كان لاعباً ممتازاً، وأحد أفضل المتصفين بالحيوية المعروفين في حرم الجامعة).

والآن، في مكاتب الدور الرابع في بناية الأبحاث الكبيرة في ماراي هيل، في نيوجرسي، استخدم الصديقان براتين وباردين تبصرات من أوهل ومن فرق كيمياء في باردو، واستخدما وثائق مترجمة تسرد أبحاثاً ألمانية عقيمة وقت الحرب عن أشباه الموصلات، واستخدما معارف حول ميكانيكا الكم وتقنيات الصناعة الكيميائية الجديدة، ولم يتوقفا قط[٢٧]. في أكتوبر ١٩٤٧ كانا قد حصلا على أول علامات النجاح، وفي ديسمبر ١٩٤٧ كانا قد تأكدا من عملهما. كان في استطاعتهما جعل الإلكترونات تبدأ في التدفق، واستطاعا أيضاً جعلها تتوقف. لقد صنعا مفتاحاً للتشغيل والتوقف على مستوى ذرة وهو ما كان يبحث عنه تورنج.

كان أحد أعظم الاكتشافات في العصر الحديث وفي كل تاريخ الإنسان، كان يتم كبح عمل البشر بقوة الاحتكاك الفظيعة. لقد فككت المعازق الأرض وجرفتها. وكان الذين بنوا الأهرامات المصرية يبذلون كل طاقتهم تقريباً في التغلب على الاحتكاك في عضلات أكتافهم وسيقانهم، أو بين الأحجار الضخمة التي كانوا يحركونها والأرض

أسفلهم. وتفقد المحركات البخارية ومحركات السيارة بل وحتى محركات الطائرات النفاثة الأسرع، طاقة هائلة للتغلب على الاحتكاك. لكن أحجار السليكون هذه يمكنها تحريك التيارات الكهربائية فى اتجاه أو آخر، ولا يتحرك الحجر نفسه، لا يلف ماديًا مثل مفتاح معدنى كبير إلى جانب أو آخر(٣٨). قد يكون ذلك بطيئًا جدًا ومرهقًا، يمكن للحجر أن يظل فى مكانه، مثل بوذا، ويتحول داخليًا، مما يسمح لتيارات الإلكترونات أن تصبح عروقًا من الخام المعدل وقد تحولت داخله إذا احتاج الأمر.

لو كان تورنج قد رغب فى إرسال تيار كهربائى متدفق، فقط عندما يتم اتخاذ قرار محدد، لكان عليه فقط أن يوجه هذا التيار إلى أحد عروق الخام الخاصة هذه. فى البداية يمكن أن ينتظر التيار هناك، يقطّر الإلكترونات عبثًا، عاجزًا عن العبور. لكن دع عروق الخام هذه تتحول بالتقنيات الدقيقة التى طورها براتين وباردين، عندئذ يتغير كل شىء، يتغير "نفق" عرق الخام، ويمكن للإشارة أن تدوى الآن عبره.

لقد وُلدت تقنية جديدة، مما يعنى أن على شخص ما أن يكتشف اسمًا جديدًا. لم تكن التسمية العامة بالغة الصعوبة، عندما تعمل على التحكم فى أشياء ميكانيكية ضخمة، من الطبيعى أن تقول إنك تعمل فى مجال "الميكانيكا". هنا، بالنسبة للتحكم فى مجال الإلكترونات الفردية، كان هذا المجال قد حصل بالفعل على اسم يمكن فهمه هو "الإلكترونيات" " elictronics" لكن ما التسمية الممكنة للجهاز المهم الذى تستخدمه هذه التقنية؟ تلك كانت لحظة مثيرة للقلق، لأن المهندسين يكونون غالبًا مزعجين عندما يتعلق الأمر بالكلمات، كانت هناك مناقشات، وتصويتات، وكان أحد الاقتراحات غير الرشيقة تمامًا "جهاز تقوية فى الحالة السطحية"، بينما كان الاقتراح الآخر أكثر صعوبة فى نطقه "أيوتاترون" "iotatron من الكلمة اليونانية iota أيوتا، التى تعنى مقدارًا صغيرًا أو ذرة).

لحسن الحظ، برغم ذلك، تم كسب جون بيرس John Pierce، أحد مهندسى المختبر، الذى خاض فى كتابة الخيال العلمى وكان موهوبًا فى الكلمات. ركز على التبصر الأساسى، عندما تكون عروق الخام داخل السليكون فى وضع "تشغيل"، فإن كميات كبيرة من التيار الكهربائى يمكنها المرور، وعندما تكون فى وضع "توقف"، تكون

هناك مقاومة عالية لعبور أى تيار. هذا يعنى أن الجهاز transferred نقل مقاومة، من أجل ذلك كان اقتراحه الأكثر لطفًا فى التعبير:

"لقد أطلقنا عليه ترانزستور transistor، "T-R-A-N-S-I-S-T-R" هكذا أوضح مدير الأبحاث فى بيل، فى مؤتمر صحافى عقد يوم الأربعاء ٣٠ يونيو عام ١٩٤٨، "وهو يتكون بالكامل من مواد باردة صلبة".

جاءت التطبيقات الأولى بسهولة. كان لدى شركات بيل تراث قديم فى صناعة أجهزة تساعد الصم - ميراث من حب أليس لمابى - وكان من الطبيعى استخدام ترانزستورات لجعلها أصغر. (ساعد فى ذلك حقيقة أن جون باردين نفسه كان متزوجًا من امرأة كان لديها صعوبة فى السمع). السماعات تشبه إلى حد ما الهاتف الذى نحمله هنا وهناك. لكن التليفونات العادية كانت آلات خرقاء، تعود إلى العصر الفكتورى، لها أسلاك ومفاتيح ضخمة. كانت تحتاج إلى ترليونات الإلكترونات المهتزة لنقل حتى الهمسة الخافتة. ورغم ذلك، مع وجود الترانزستورات داخلها، كان من الممكن الاعتماد على بطاريات أصغر بكثير، حيث ستكون الحاجة إلى إلكترونات أقل لكى يتم تحويلها.

عرف مصممو الحاسب ما يحدث، بما فيهم تورنج فى إنجلترا، كما هو واضح فى خطابه فى ١٩٤٨ من جاك جود Jack Good. فى أمريكا كانت المتحمسة جراس موراى هوبر Grace Murray Hopper، التى تعمل فى هارفارد، قد حصلت على نفس الثقة عندما عرفت أن المفاتيح المحسنة المجهرية كانت تقترب حتى بدا أنها ستساعدها فى تطوير أول "ترجمان compiler " فى العالم - وهو جزء ضرورى فى الحاسبات الحديثة، والذى يترجم تعليمات المبرمج إلى لائحة سرية من أوضاع المفاتيح داخل الحاسب. تتبعت كرة السلة النسائية لعدة سنوات، ولاحظت غالبًا كيف تحدث التمريرة الأمامية: ترمى اللاعبة الكرة إلى موقع تتوقع أن تمسك بها زميلاتها فى الفريق هناك، وتبدأ فى الرمى حتى قبل أن يكون هدفها قد وصل إلى المكان، وكانت هوبر تحب فى السنوات اللاحقة شرح كيفية استخدامها لهذه الصورة فى منطق برامج ترجمتها الأقدم، لإرسال تعليمات قد تنتظر بشكل مسبق التغير الفعلى للمفتاح الذى

كان على الحاسب إجراؤه[٣٩].

لكن عندما أنجزت هوبر عملها الرائع على برامج الترجمة فى ١٩٥٢ - بعد أربع سنوات من المؤتمر الصحفى لبيل - لم يكن لديها حتى ذلك الحين أى ترانزستورات قابلة للتشغيل لاستخدامها. كان الفريق الذى نجح نجاحًا باهرًا فى ١٩٤٧ قد تفرق، جزئيًا لأن المدراء كانوا يرغبون فى عناصر صلبة جديرة بالثقة لنظام مفتاح الهاتف الخاص بهم فى أنحاء القارة كافة. كان هدفهم الحصول على أجزاء تتوقف عن العمل فقط مرة واحدة كل عشرين عامًا، وحتى ذلك الوقت كانت الترانزستورات الأولى تتوقف عن العمل كل يوم تقريبًا، (حدث دمار ذات مرة لدفعة كاملة عندما لمسها الفنيون بعد فتح باب، نقلت أيديهم ذرات نحاس من أكرة الباب كافية لتدمير الخليط المثالى للسليكون فى الذرات الإضافية التى تستطيع الإبطاء من الإلكترونات أو تنشيطها تبعًا للحاجة). كان باردين وبراتين محبطين بسبب نقص الدعم.

وكانا يعانيان أيضًا من كونهما تحت المراقبة المفترضة من وليام شوكلى William Shockley فى بيل، وكان شوكلى رجلاً له وجهات نظر غريبة جداً. عندما قابل أول مرة زوجة باردين، جين، كان قد أخبرها بأن أطفاله كانوا أدنى درجة منه. واحتجت جين، وقد ظنت أن سماعتها تعطلت. لكن لا، كما أوضح شوكلى، تلك كانت حقيقة، والسبب أن زوجته كانت أدنى منه من الناحية الوراثية أيضًا.

عندما صنع باردين وبراتين الترانزستور الناجح الخاص بهما، كان شوكلى منحازًا لنفسه. كيف لهذين الرجلين أن يصلا لهذا أولاً! لم يكن باردين هو الشخص الذى من المتوقع أن يحوز أفكارًا عظيمة. حقيقة أن براتين، من مزرعة الماشية فى أوريجون - وبالتالى راعى بقر! ريفى بسيط! - كانت جزءًا من اكتشاف جعل الأمر أكثر سوءًا فوق ذلك. حاول شوكلى أن ينسب لنفسه فضل هذا العمل، فى المؤتمر الصحافى فى ١٩٤٧، انتزع الميكروفون عندما شرع مراسل مجلة إلكترونات فى التقاط صورة لمكتشفى الترانزستور العظماء، ودفع باردين وبراتين إلى جانب وجلس بنفسه أمام مكتب المختبر الذى كانا يستخدمانه[٤٠]. رغم أنه قام بتحسين أفكارهما الأولى إلى حد كبير، لم يكن هذا كافيًا، فلقد رغب فى أن يعتقد الجميع أنه هو الذى

قام بالأمر كله من الناحية الأساسية. غادر باردين المكان، ثم الآخرون، وعندما لم يعد هناك من يُهتف له، غادر شوكلى أيضًا.

رغم أن هذا يعنى أنه لم يتم إنتاج الترانزستورات بالجملة فى الوقت المناسب لإنقاذ حياة تورنج، كان لذلك فائدة كبيرة[٤١]. حيث كان شوكلى كذابا ماهرًا حتى إنه عندما ترك مختبرات بيل لتكوين ثروته الخاصة فى بساتين المشمش والمصانع المبعثرة فى وادى جنوب سان فرانسيسكو، رغب الكثير من المهندسين وعلماء الفيزياء الأكثر مهارة فى أمريكا العمل معه. لقد كان، على أى حال، هو الرجل على غلاف مجلة الإلكترونيات، الذى يحدق فى ميكروسكوب على مكتبه فى مختبرات بيل، لقد تم الاحتفال به فى المؤتمر الصحافى وهو يعلن عن الترانزستور، وكانت هناك إشاعات بأنه قد يحصل على جائزة نوبل. وأوضح بشكل منتظم مدى غباء أطقم المساعدين فى كل الشركات المنافسة، فكيف لا يرغب أى مهندس شاب فى السفر إلى هذا الوادى شبه الريفى ليصبح ثريًا؟

جاءوا ورأوا شوكلى وهو يعمل، ثم هربوا، لكن بينما كان المهندسون الذين أجبرهم على ترك مختبرات بل قد انتشروا فى البلد كله، أحب أولئك الذين أخرجهم من شركته الجديدة (التى أسماها بتواضع تبعًا لاسمه) "شمس كاليفورنيا" إلى حد أنهم لم يستطيعوا الابتعاد عنها. أصبح شوكلى جهاز طرد مركزيًا هائلاً، وآلة ابتكار مهملة. والأشخاص المتألقون الذين جذبتهم سمعته ارتبطوا ببعضهم البعض بسرعة عندما أدركوا مدى ما كان عليه من فظاعة، وحافظوا على هذا الارتباط عندما غادروا لإنشاء مؤسساتهم الخاصة فى أماكن قريبة.

لم تكن لديه القدرة على فقد روبرت نويس Robert Noyce فقط، الذى ساهم فى ابتكار التقنية الحديثة لطباعة أعداد هائلة من الترانزستورات على الرقائق المفردة، ولكن أيضًا جوردون مور Gordon Moore، الذى ساهم فى تأسيس إنتيل Intel، أكثر الشركات نجاحًا فى صناعة هذه الرقائق. أصبح نويس مليونيراً، وربما أصبح مور مليارديرًا بينما استمر شوكلى - الذى لم يراكم أية أموال، وعجز عن جعل ناكرى الجميل الذين احتشدوا حوله يعترفون بعبقريته - فى صد المزيد من المهندسين

الطموحين اللامعين، الذين انضموا إلى قوى المنافسين له. كان لبساتين المشمش اسم جديد: لقد ظهر وادى السليكون.

وتغير العالم من جديد.

يمكن للتقنيات الجديدة أن تغير المجتمع، ومن هذا الوادى أتت تقنيات جديدة متعددة، دون الترانزستور والحاسبات العاملة بسرعة عالية التى جعلتها هذه التقنيات ممكنة، لما كان لدينا هواتف خلوية أو أقمار اصطناعية للطقس أو أقمار اصطناعية للتجسس، ولا ماسحات الرسم السطحى المحورى بالحاسب CAT أو التصوير بالرنين المغناطيسى MRI أو نظام المواقع العالمى بالأقمار الاصطناعية GPS، ولما كان لدينا صواريخ كروز أو القنابل الذكية، ولا الخلايا الشمسية أو الكاميرات الرقمية أو نظارات الرؤية الليلية، لا الحاسبات النقالة، ولا نظم الإرسال الإلكترونية spam، وأيضًا لا رسائل إلكترونية ولا إنترنت، ولا انتشار لبطاقات الائتمان أو أجهزة التزود بالنقود أو الماسحات أو برامج المحاسبة. لم يكن ليحدث وضع خرائط للجينوم الإنسانى، ولا شاشات البلازما للتلفزيونات، لا أقراص مدمجة CD أو صمامات باعثة للضوء LED أو آى بود iPods أو شاشات طيران ترفيهي. لم يكن سيوجد مليارديرات مثل جيتس أو جوبس، ولا - وكيف كان سيتم التأريخ لنا- موقع أمازون أو إيباى eBay أو جوجل أو بيكسار Pixar.

فى البداية كان من السهل المحافظة على سير العالم بالطريقة التى كان عليها، فقط أضف بضعة من العناصر الجديدة. لكن الأجهزة الإلكترونية الصغيرة قد يكون لها تأثيرات جديدة غير متوقعة. طُرحت أول أجهزة راديو تعمل بالترانزستور للبيع فى الخمسينيات، وكانت التأثيرات الكمية التى توجهها تستخدم طاقة بالغة الصغر حتى إن بطارياتها كانت صغيرة. وكان هذا يعنى أن الصغار يمكنهم حملها هنا وهناك، مما كان يعنى أيضًا أنه لم يعد عليهم أن يستمعوا إلى نفس الموسيقى التى يستمع إليها أمهاتهم وآباؤهم. وأكثر فأكثر شكل المراهقون جماعتهم الفرعية الخاصة، وظهر سوق جديد للموسيقى الرائجة، وبالجيتارات الكهربائية الرخيصة ومكبرات الصوت منخفضة السعر - والتى أصبحت ممكنة أيضًا بواسطة السليكون - استطاعت

الجماعات الصغيرة مضاهاة حجم الفرق الكبيرة. واستطاعت المشروعات الأخيرة البعيدة عن الأنظار أن تزدهر، ظهر إلفيس ثم موتاون ورولنج ستونس.

تقنية الترانزستور لم تخلق هى نفسها الروك آند رول، كانت هناك كميات كبيرة من النزعات الأخرى تقوم بدورها - الاندفاع المفاجئ للشباب الذى كبر بعد الزيادة الكبيرة فى المواليد بعد الحرب، والشعور القوى بعد الحرب العالمية الثانية بأن العنصرية غير مقبولة (وهو ما قاد إلى الحقوق المدنية، ومشاركة السود والبيض فى الأساليب الموسيقية لأول إستوديو: ممفيس لإلفيس)، والمزيد غير المسبوق من الضواحى والسيارات المتاحة للصغار للاحتفال فيها. لكن الإلكترونات سارعت بكل هذه النزعات، مدمجة إياها بطريقة لم تكن قد حدثت قط بأى شكل آخر.

لقد تغير المشهد، استطاعت سلاسل ضخمة من محلات بائعى التجزئة استخدام التحكم فى قوائم الجرد بالحاسب لتحسين عروضها وتخفيض تكاليفها بطريقة لم تكن تقدر عليها المتاجر التقليدية. بدأت كيانات ضخمة مثل وال مارت تحدث ضجة عبر المشهد، وأصبحت المولات افتراضيًا غير قابلة للتمييز عن بعضها البعض عندما امتلأت بنفس سلاسل المتاجر المتفقة مع آخر موضة.

وتغيرت الأعمال، ووجد المدراء أنفسهم يراجعون التهجى الخاص بهم. لقد تم ابتلاع الوظائف اليدوية التقليدية فى رقائق الحاسب، وغيّر ذلك الأحياء المجاورة حيث يعيش هؤلاء العمال. الرجل الذى كان يعمل على أرصفة الموانى كان لديه قواعد واضحة فى العمل، وينقل مفهوم الواجبات الواضحة إلى أطفاله. قد يتصارع الأطفال فى الأحياء المجاورة وفى المدرسة، لكن هذه المعارك أيضًا تميل لأن يكون لها قواعد مشتركة، يتم إزعاج الفتيات المراهقات، بخشونة غالبًا، لكن يظل ذلك غالبًا محدودًا بالقواعد المشتركة، حول الخروج فى مواعيد مشتركة وقانون اللبس وما شابه ذلك. ومع ذلك عندما اختفت أعمال أرصفة الموانى، وقد حل محلها تعليمات لأوناش آلية، فقد الأطفال نموذج دور الوالدين اللذين رأوهما يتبعان هذه القواعد. تدهورت الوظائف العمالية الراسخة منذ السبعينيات، وانهارت الأحياء المجاورة التى تركوها خلفهم، ونشأت أحياء هجينة جديدة.

حتى فى المناطق الأكثر ثراءً بدأت المفاهيم التقليدية حول الجماعة تتلاشى. والراديو والتلفزيون، عندما بدآ، أرسلا إشارات انطلقت بالتساوى فى كل الاتجاهات، ومن هنا كلمة الإذاعة على نطاق واسع broadcasting. شجع ذلك العلامات التجارية القومية البسيطة والكتل الضخمة من المستهلكين. حتى بعد توصيل كاتالوجات الطلب بالبريد، كان هناك فقط بضعة أصناف، تم إرسالها فى دفعة كبيرة غير موجهة للزبائن الملائمين. ورغم ذلك، يمكن لمفاتيح الحاسب أن تفرز الكثير والكثير جداً من الخيارات. أدى ذلك إلى التصويب على البريد المباشر (مع بداية الستينيات)، وبعد ذلك بوقت قصير على محطات الإذاعة المتخصصة ومحطات كبل التلفيزيون، وما شابه ذلك، بشكل متزايد. لم يعد على الناس أن يستجيبوا كجزء من جماعة، وكان هناك المزيد من الترحال، والمزيد من الخيارات الفردية تماماً لمكان المعيشة، ومن يتزوجون، وكيف يتعبدون، ومتى يصوتون. حدثت أشياء غريبة، الجيل الأكبر سناً، الذى تقبل أن التدريب الجسمانى أمر تستطيع قلة من الرياضيين المحترفين فعله، أنتجوا ذرية تذهب إلى الصالات الواسعة، لا تتحدث مع أحد، وتناضل لتعزيز صفات عضلاتها الشخصية تماماً.

تغيرت الديمقراطية، قبل ربط القمر الاصطناعى بالحاسب فى بداية الستينيات، لم يتوقع الناس العاديون قط مشاهدة أفلام حية فى الوقت الحقيقى للكوارث الأجنبية، أو الثورات أو المجاعات، (كان كل ما يشاهدونه أحياناً مقتطفات مختصرة، يتم تحريرها فى جرائد سينمائية من وقت إلى آخر فى دور السينما). كان من الطبيعى الإذعان لقادة الحكومة، الذين لديهم مصادر أعلى للمعلومات - بشكل عام سفراء أو مندوبون آخرون، الذين يتصلون بهم بتكاليف كبيرة نسبياً، بالتلكس، أو التلغراف أو الطائرة، لكن الآن؟ فى اللحظة التى تنطلق خلالها صورة التلفزيون من الخارج، لا يعرف أحد أكثر من غيره، ولدت عدم ثقة جديدة بالحكومة - ساعدها كما هى العادة عوامل أخرى - واستمر هذا الوضع منذ ذلك الحين.

أسرع نسل تورنج واحد بعد الآخر، ربما يكون قد تم صناعة آخر حاسبات يمكن لشخص واحد فهمها تماماً فى أواخر الخمسينيات، لكنك لو استخدمت مسطرة حاسبة وأدوات الرسم لدى مهندس معمارى لإنجاز التوصيلات الضرورية لتوصيل أسلاك ألف مفتاح لحاسب ما، لن ترغب فى العودة للمسطرة الحاسبة إذا رغبت فى

محاولة توصيل أسلاك مليون مفتاح لحاسب أكثر تطوراً، سوف تستخدم ببساطة أول حاسب ليفعل ذلك من أجلك، لقد أنجبت الحاسبات حاسبات ذات قوة داخلية متزايدة غير مسبوقة منذ ذلك الحين.

نتيجة لذلك، يمكننا الآن رصد هذا العدد الصغير من الإلكترونات حيث يمكننا مشاهدة وسماع أشياء لعلها كانت فى الماضى غير مدركَة مطلقًا. ويمكننا استخدام سيطرتنا على هذه الإلكترونات - فهمنا لكيفية جعلها تنتقل عن بعد أو تتوقف ظاهريًا - لإدخال قدراتها الهائلة على السرعة والرشاقة فى عالمنا. لقد فُتح بدرجة أوسع الباب الذى كانت توجد خلفه القوة الكهربائية القديمة، هذا هو ميراث تورنج.

انظر إلى الطريقة التى تعمل بها ملاحة نظام المواقع العالمى GPS. على مئات من الأميال فوق رءوسنا، يتم توجيه إلكترونات إلى الخلف وإلى الأمام فى أجهزة إرسال الأقمار الاصطناعية لنظام المواقع العالمي، يبدأ مجال القوة المترقرق الذى يمتد من هذه الإلكترونات فى الارتعاش كلما تحركت الإلكترونات، ويستمر هذا الارتعاش الخافت، الطفو الحر، طوال الطريق إلينا على الأرض، إنها إشارة موقع نظام المواقع العالمى، وقد تم إرسالها فى طريقها.

الإشارة التى تصل إلى الأرض غير مرئية وغير مسموعة لنا: لا يمكن لأحد أن يحدق فى مدار قمر اصطناعى ليرى هذه الموجة قادمة، ولا يمكن لأحد توجيه رأسه ليسمعها.

تتكون طبلة أذننا من ذرات لها عدد هائل من الإلكترونات حولها. يتم فقد الموجة غير المرئية المتدحرجة فى كل تزاحم هذه الإلكترونات وارتجافها. حتى عندما تصطدم هذه الموجة بهوائى تلفزيون قديم الطراز، سيكون لها تأثير ضئيل، كانت تلك القضبان المعدنية، كما كانت توضع فى الخمسينيات على أسقف المبانى، كانت لا تزال فى حاجة إلى كمية كبيرة من الإلكترونيات - ربما بضعة تريليونات - لكى يتم ضربها بشدة من الأمام فى الوقت نفسه، لو كان المراد استجابة ذات قيمة. هذا أفضل مما يمكن لآذاننا أن تفعل، لكن يظل مشتركًا فى الموقف إلكترونات أكثر مما يمكن لموجة قمر اصطناعى إنتاجه.

ومع ذلك عندما يصل هذه الارتعاش من الفضاء إلى أجهزة استقبال نظام المواقع العالمى لدينا، يحدث أمر مختلف - أمر جعله مهندسو بيل ممكنًا وهم يوضحون كيفية الدخول إلى العالم الكمى والتحكم فيه، الموجة القادمة، بالخفوت الذى هى عليه(٤٢)، تدفع برفق إلى الأمام عددًا بالغ الضآلة من الإلكترونات، لكن بعض من هذه الإلكترونات يتم توجيهها إلى أحد شقوق الخام الخاصة، السليكون الذى تلمسه يتحول، لا يعود بالغ الصفاء، إنه يرفض، وقد أصبح مادة "لا تظن قط أننى سأدع أى شىء يمر داخلى"، وبدلاً عن ذلك تقفز إلكتروناته الخاصة إلى الخارج، وقد حفزها الارتجاج بالغ الصغر للتيار الكهربائى القادم. لم تعد فجواته الداخلية موحشة ومغلقة، لكنها تنفتح وتنقل بسهولة إشارة واضحة، لقد تم سماع القمر الاصطناعى البعيد.

وعلى الفور تقريبًا يتلاشى التماوج القادم من الفضاء، ينغلق عرق الخام داخل جهاز الاستقبال، لكن عندئذ، بعد جزء من مليار من الثانية، يصل تماوج آخر كان يسبح إلى أسفل قادمًا من القمر الاصطناعي. يبدأ عرق الخام فى العمل من جديد. بعد مجرد بضعة مئات المليارات من التكرارات أو ما يقترب من ذلك، يتم استقبال الإشارة المميزة المحددة لهذا القمر الاصطناعى.

من المرجح أن إنسانًا ذا قدمين يتمايل وهو يرصد جهاز نظام المواقع العالمى هذا لكى "يسمع" قمرًا اصطناعيًا على بعد مئات الأميال فى الأعالى فى الفضاء، ومن ثم يجتاز طريقه إلى مبنى مكاتب جديد، يمكنه عندئذ الاستمرار فى استخدام أجهزة أخرى للبّحث فى شبكة المعلومات العالمية لكى يختبر، بسهولة بالغة غير مسبوقة، بضعة مليارات من مصادر المعلومات المتناثرة فى ذكريات السليكون والمعدن فى ملايين الحاسبات حول العالم. ولعل هذا أيضًا كان بعيدًا عن متناول اليد فى الأزمنة المبكرة، لأنه حتى رغم أنه كان هناك نظام تخزين للكميات الضخمة من المعلومات - المكتبات الكبيرة فى العالم - كان أمناء الأرشيف المدربون يقضون أشهرًا فى الدخول حتى إلى جزء صغير من هذه السجلات.

يعود ذلك إلى أن المعلومات التقليدية كان يتم تخزينها بواسطة علامات حبر تشربتها ألواح رقيقة من لب الخشب المخفف وهى ما نطلق عليه اسم الورق، لكن

الحبر كبير، والذرات صغيرة. كان أمناء الأرشيف الذين يفحصون الكتب المخزنة، أو حتى مجرد فهارس مايكروفلم هذه الكتب، ينظرون بشكل غير بارع فى بحيرات صلبة هائلة من الإلكترونات والجسيمات تحت الذرية الأخرى - حيث إن هذا هو حال الأحرف المكتوبة أو المطبوعة التى تمتد فى ارتفاعها الكبير إلى ربع بوصة أو أكثر.

البحث فى شبكة المعلومات العالمية أسرع، اضرب مفتاحًا على لوحة حاسب محمول أو على متصفح يدوى، ستكون الأنفاق طويلة الامتداد للإلكترونات، فى الأسلاك تحت لوحات المفاتيح لدينا، جاهزة لبدء المطاردة. تعتبر نقرات أصابعنا السريعة خرقاء، ضربات غير رشيقة بالنسبة لهذه الإلكترونات، لذلك يحتاج الأمر إلى الكثير من الوقت. (يتم أخذ عينات عشرات المرات كل ثانية لكل مفتاح على الحاسب المحمول العادى، مع إلكترونات تخبر بشكل دائم أنه "لا ضربة، لا ضربة" للمعالج المركزى للحاسب، حتى، ويا للعجب، يخفض أحد المفاتيح نفسه ببطء بينما نقوم بكتابة الأحرف).

عدد كبير من الترانزستورات فى حاسبنا وتلك المرتبطة بها تعيد تجهيز نفسها لتسمح للطلب المرغوب فيه لمعلومات شبكة المعلومات بالمرور، حيث تتحول عروق الخام لديها باستمرار إلى وسائل نقل فعالة، ثم تعود مرة أخرى إلى كونها حواجز غير فعالة، بمجرد أن يكون الطلب قد مر.

يبدأ مسح ملايين من صفحات شبكة المعلومات - بعضها فهارس مختصرة تم تشفيرها فى آلة بحث الحاسبات المركزية، والأخرى عند آلات تتحرك بسرعة كبيرة موجودة فى كل العالم، عندئذ يقوم الطلب بجعل مجالات القوة تغير الإلكترونات التى لا تزال مشحونة بقوة إلى الخلف وإلى الأمام عبر آلاف ثم ملايين الصفحات، حيث تتم مقارنة الجمل المطلوب البحث عنها مع ما هو موجود فى المخزن، يتم اتخاذ القرارات، والمرور خلال المزيد من صخور الترانزستور، حتى تبدأ النتائج فى النهاية تهطل عائدة إلى حاسباتنا. يقدم الرسل تقاريرهم ويتم توجيه مجموعة أخيرة من الإشارات إلى شاشاتنا، من عمليات طيرانها الكمى الغريبة، تتوهج الآن بالحياة الإجابة التى بحثنا عنها.

يمكن أن يحدث ذلك فى زمن وصول يدنا إلى كوب قهوة فى انتظارنا. لعدة قرون كان الناس يعيشون منفصلين عن عالم الإلكترونات المضطرب السريع، لكننا لم نعد كذلك.

لم تنته قصة الكهرباء بعد، نحن نعرف أن الإلكترونات يمكنها أن تثب فى داخل سلك، وقاد هذا التبصر إلى التلغرافات والتلفونات ومصابيح الكهرباء والمحركات، تدفع قوة دوارة سريعة اختبأت طويلاً هذه الإلكترونات داخل الأسلاك، وعندما تهتز بقوة كافية، يمكن لهذه القوة أن تهتز أيضًا باعتبارها موجة تطير حرة من هذه الأسلاك. كانت النتيجة هى الراديو، والرادار، وأخيرًا الاستخدام المصغر لها فى هواتفنا الخلوية. توصل علماء النظرية الكمية إلى أن الإلكترونات يمكنها الانتقال عن بعد فى قفزات كبيرة تعتمد على الصدفة، بل وحتى تضطر إلى البقاء فى حالات استقرار ظاهرية للطاقة المنخفضة، وكانت النتيجة مفاتيح تحت ما هو مرئى فى الصخر الصلب، ومن هنا قامت الحاسبات بتغيير حياتنا، لكن خلف تقنيتنا، هناك حتى حادث واحد أكثر أهمية لحياتنا حيث كانت هذه الشحنات الكهربائية منذ مليارات كثيرة من السنوات نشيطة بقدر مهم جدًا.

الجزء الخامس

المخ وما وراءه

ذرات المعدن التى انفجرت من النجوم البعيدة لم تكن وحدها عندما هبطت على الأرض، فى الماضى فى فترة امتدت مليارات السنوات عندما كانت مجموعتنا الشمسية جديدة، وطفا معها فى الفضاء العميق الكربون والأكسجين والكثير من العناصر الأخرى.

عندما هبطت هذه العناصر على الأرض التى كانت لا تزال تغلى، سقط بعض منها فقط عميقًا تحت السطح، وبقى الكثير من بقية هذه العناصر أقرب إلى القمة، وهو ما أصبح جزءًا من المساحات الواسعة من الأراضى والمحيطات، وقاع البحار والمستنقعات. رغم أنها لم تكن معادن، كان مجال كهربائى يتسرب منها أيضًا، ناتج عن إلكترونات مشحونة وعن النوى التى تتكون منها.

ظل أغلب هذه العناصر غير المعدنية خاملاً، ملتصقًا كما يجب فى جبالها وطينها، لكن قلة منه بدأت تصنع شيئًا عجيبًا، فالمجال الكهربائى الممتد من إلكتروناتها جعلها تتعرج وتلتوى وتنجذب فى هيئات غريبة.

كانت الشمس فوق الكوكب الجديد ساخنةً وتم امتصاص الطاقة. التوت كتل الذرات الملتفة أكثر بعض الشىء، مما أدى إلى التفاف غيرها من الذرات حولها أيضًا تباعد أغلب هذه الأشكال، لكن بعض هذه الهيئات أوجد هيئات أخرى مشابهة لها إلى حد كبير حتى إنها استنسخت نفسها.

لقد بدأت الحياة – القائمة على الشحنات الكهربائية.

الفصل الحادى عشر

الكهرباء الرطبة

بليموث، إنجلترا، ١٩٤٧

لم تكن القوى الكهربائية مجرد أمر مهم فى تجميع أول حياة، لكنها كانت فى كل مكان على كوكبنا وفى الجسم حتى أيامنا هذه، نشطة فى أغلب الأنشطة العادية. مجرد تشغيل تلفزيون أو حاسب، على سبيل المثال، يعنى أنه من كل بكسل pixel متوهج على الشاشة، يتم إرسال موجات كهرومغناطيسية جديدة تتماوج إلى الخارج بسرعة ٦٧٠ مليون ميل فى الساعة، تنتشر سلسلة هائلة من الأحداث بسرعة.

من المرجح أن عينى المشاهد تدور إلى الأمام فى سلسلة دورات مهيبة بينما يتوهج البكسل على الشاشة: كل كتلة ربع أوقية من مقلة العين مشدودة بست عضلات مسطحة، فى شريحة انزلاقية فى دهن زلق يبطن التجويف المدارى. تطرف العين، ويكون بؤبؤا العين فى مكانهما، وتدوى الموجات الكهرومغناطيسية القادمة.

باختراق الطبقة الرقيقية للقرنية، تتباطأ قليلاً، بينما تشكل حوافها الأبعد مسطحًا مستويًا تقريبًا وهى تنتقل إلى الداخل، حاملة إشارة لم يتم رصدها حتى الآن من الشاشة حتى الأعماق داخل شخص المشاهد.

تستمر الموجات خلال سائل الرطوبة المائية للعين ثم إلى فجوة انفراج بؤبؤ العين. قد يكون على الإنسان أن يضيق عينيه لتجنب الوهج، لكن استجابات الإنسان تعمل بمعدل بطء أجزاء من ألف من الثانية والتى ليست ندًا لهؤلاء الدخلاء المتسابقين، يتم اجتياز بؤبؤ العين دون إعاقة.

تركز العدسة المشدودة أسفل ذلك تمامًا الموجات القادمة أكثر أيضًا، مرسلة إياها إلى البحر الداخلى للرطوبة الداخلية للعين الشبيهة بالجيلى أعمق بكثير إلى أسفل داخل العين. تنفجر قلة ضئيلة من الموجات الكهربائية القادمة فى مواجهة الجزيئات العضوية فى طريقها، لكن الغالبية تندفع ببساطة خلال هذه العوائق البيولوجية وتواصل طريقها مباشرة إلى أسفل، مخترقة التغليف الأكثر عمقًا لمقلة العين، حتى تصل إلى نقطة نهاية رحلتها: البروز الهش مثل الدعامة من المخ الحى المعروف باسم شبكية العين. وفى العمق هناك فى الداخل، فى الظلام، وقد تباطأت الموجات بالكاد ٦٧٠ مليون ميل فى الساعة من سرعتها الأصلية، يتم رشها فى الأوعية الدموية المهيبة الرطبة وفى أغشية الخلية، ويحدث شىء غير متوقع.

ينطلق تيار كهربائى.

يبدو وجوده غريبًا، لأن داخل الجسم يخوض فى الرطوبة. لقد رأينا الكهرباء فى التلغرافات والتليفونات ومصابيح الكهرباء والمحركات، وأجهزة الراديو، والرادرات والحاسبات من كل نوع. لكن هنا أيضًا؟ ليس من المتوقع أن يتمزج الماء مع الكهرباء، استطاع جيمس بوند، بشكل يزيده شهرة، أن ينهى على الأوغاد بقذف أجهزة الراديو (كهرباء) فى أحواض استحمامهم (رطوبة). ومع ذلك تضاعف هذه الدوائر الكهربائية بالغة الصغر فى تجاويف عيننا عمل أكثر أجهزة الاستقبال الكهربائية نقاءً، رغم أنها ليست متكونة من سلك نحاس معزول، أو حتى سليكون محسن بشكل ماهر، ولكن مجرد بروتينات عادية، كولسترول دهنى - والكثير الكثير من الماء.

يعمل جسمنا بالكامل بالكهرباء، تمتد كبلات كهربائية حية كثيرة العقد فى أعماق أمخاخنا، وتمتد مجالات كهربائية ومغناطيسية كثيفة فى خلايانا، تدفع بالغذاء أو الناقلات العصبية عبر أغشية حواجز مجهرية، حتى الدنا الخاص بنا يتم التحكم فيه بواسطة قوى كهربائية قوية.

النتيجة أن الباحثين فى الوقت الراهن ابتكروا بالإضافة إلى ذلك شكلاً جديداً آخر من التقنية، تقنية السائل، حيث يمكن تحميل برك ضئيلة مصغرة بجسيمات كهربائية تندفع بأعداد كبيرة فى الفجوات الداخلية لجسمنا، تطفو المخدرات إلى

أسفل مضخاتنا الكهربائية فى خلايانا العصبية، فتفقدنا الحس لكى نستطيع تحمل الجراحة، ويحصل بروزاك Prozac على وحدات الاستقبال الكهربائية في مخنا، ليحمينا من محنتنا، وتعمل الجزيئات المشحونة كهربائياً والتى تخرج من حبة فياجرا، على التنشيط العصبى فى مكان آخر، لتجعل مساراتنا تنطلق. كل هذا جزء من التغير الكبير فى تخوم العلم الحالى - من الفيزياء إلى البيولوجيا، ومن العالم المادى فى الخارج إلى الجسم والأفكار داخله.

وهذا أمر غير متوقع - ما الذى تفعله الدوائر الكهربائية الحية المندمجة فى أجسادنا وأمخاخنا؟ - حتى إن دور الكهرباء فى جسمنا لم يكن متخيلاً حتى الوقت الراهن، لاحظ الباحثون الإغريق والمسلمون القدامى بضعة تأثيرات كهربائية، كما رأينا، مثل أن الجلود ذات الفراء يقوم شعرها منتصبًا عندما تدعكها، ما دام الجو جافًا. ولقد وجد علماء التشريح فى عصر النهضة وفيما بعد ذلك أنابيب بيضاء مجوفة تمتد خلال الجسم واكتشفوا أنها الأعصاب. لكنهم أيضًا افترضوا أن الأعصاب تعمل بواسطة قوة مقدسة أو، بدلاً من ذلك، بواسطة بكر مصغر أو ربما سوائل هيدروليكية، وليس بواسطة شرر كهربائى.

الذى بدأ فى تغيير ذلك كان عجز معظم العلماء، مهما كان استقلالهم فى تخيلهم لأنفسهم، عن تجاهل موضات المجتمع حولهم. كانت المضخات أمرًا مثيرًا، وهى تحسن التقنية بسرعة فى القرن السادس عشر فى إنجلترا وإيطاليا، لذلك عندما كان وليام هارفى William Harvey يبحث فى سريان الدم، كان من الطبيعى بالنسبة إليه أن يفكر فى القلب باعتباره مشابهًا لمضخة، وفكر أتباع نيوتن بشكل طبيعى فى الكون باعتباره يعمل بآلية ساعة، لأن الساعات الدقيقة كانت تقنية جديدة تثير الاهتمام فى أواخر القرن السابع عشر.

فى بداية القرن الثامن عشر، كان الكثير من الناس قد شاهدوا عروض البطاريات والأسلاك البسيطة. كان من الطبيعى أن تفكر مارى شيلى Mary Shelley البالغة من العمر عشرين عاما، وهى تشارك الأصدقاء بالقرب من جنيف فى قصص الأشباح خلال ليلة عاصفة، فى الدكتور فرانكشتاين وهو يستخدم الكهرباء ليهب

الحياة لوحشه[٤٣]. فى أربعينيات القرن التاسع عشر، تم إنشاء خطوط التلغراف، التى كانت تحمل الرسائل باستخدام كهرباء تندفع فى جيشان بسرعة. بينما كان يتم ربط مدن أوروبا الغربية واحدة بعد الأخرى، كان من المستحيل تقريبًا التصديق بأن الأعصاب الطويلة التى تحمل الرسائل داخل أجسامنا لا تجيش بشكل ما بالكهرباء أيضًا، وعندما تدبر باحثون ألمان قياسها بوضوح فى خمسينيات القرن التاسع عشر، اكتشفوا أن الكهرباء لا تنتقل خلال خلايا العصب الحى بسرعة ملايين الأميال كل ساعة كما تفعل فى أسلاك التلغراف، وبدلاً عن ذلك بدا أن هناك شيئًا مختلفًا فى الجسم، لأن السرعة كانت فقط ١٠٠ ميل فى الساعة - مجرد بضع مرات أسرع من حركة ذراع فى ضربة سريعة.

إلى حد ما كان هذا مُرضيًا، لأنه كان من الصعب فهم كيف يمكن لنسيج بشرى هش أن يتماسك مع بعضه البعض، لو كان هناك بالفعل إشارات تندفع فى داخلنا بمليون ميل فى الساعة. لكن الأمر كان مثيرًا للارتباك أيضًا، لأن كيمياء ذلك العصر ظلت عاجزة عن تفسيره. يتم شد جفون العين بواسطة عضلات، ويمكن لخبراء التشريح بسهولة الوصول إلى هذه العضلات، لكن لا توجد عضلات صغيرة تعمل كوحدات تعزيز للمحافظة على استمرار حركة إشارتنا العصبية المتعددة، ولو أن أعصابنا تشبه التلغرافات، فأين هى البطاريات، وما الموجود بالضبط داخل الكبلات؟ لا توجد جدائل طويلة من أسلاك النحاس أو أى معدن آخر داخل أجسامنا.

الحل الذى كان الباحثون يبحثون عنه - تفسير كيفية وجود الكهرباء حتى عندما يحيط بها الماء - ظهر فقط عندما توقفوا عن التركيز على المعدات الآلية فى ذلك العصر. تعمل التلغرافات بالإلكترونات المرتدة فى كل اتجاه، لكن الإلكترونات تعتبر، بالطبع، مجرد جزء من الذرات التى جاءت منها. التلغرافات والمصابيح الكهربائية، وحتى الحاسبات يجب أن تعتمد على هذه الإلكترونات الصغيرة المعرضة لهذا الارتداد، لكن عمر تقنياتنا الكهربائية قرنان فقط. وكان التطور يعمل على الأرض منذ مليارات السنوات، ولقد أنتج منذ زمن بعيد مقاربة أخرى لتوصيل الكهرباء، ليس فقط باستخدام إلكترونات بالغة الصغر ولكن أيضًا بذرات كاملة.

الأمر يتعلق بالعثور على الذرات التى لها كمية أكبر من العادية من القوة الكهربائية تخرج منها. عادة يتم تعليمنا بأن هذا لا يحدث، حيث هناك الكثير من الشحنة السالبة فى الإلكترونات التى تدور حول ذرة ما بقدر وجود شحنة موجبة فى النوى فى مركز الذرة، والنتيجة أن الذرة فى مجملها تكون فى حالة تعادل، وهذا هو سبب أنها محايدة كهربائيًا، وحتى هذا كان وراء أن نيوتن العظيم فكر أحيانًا فى الذرات باعتبارها كرات بسيطة مجوفة.

ومع ذلك ففى ذرات قليلة بالفعل، مثل تلك الموجودة فى معدن الصوديوم الشائع، من السهل سحب أبعد إلكترون مفرد، وكوكبنا وأجسامنا محملة بهذه الجسيمات المبتورة. هذا أكثر ملاءمة، حيث إن هذا العملاق الذى يتحرك بشكل أخرق، مثالى فى دفع الشحنات الكهربائية إلى الأمام، وله شحنة موجبة أخرى فى مركزه أكثر مما لديه من شحنات سلبية فى إلكتروناته الباقية، لذلك فإنه يبث مجال قوة كهربائية موجبة قويًا. وأيضًا، يمكن لكتلة الصوديوم الكبيرة فى حجم ذرة - والتى ينقصها أحد إلكتروناتها الدائرة التى تكون لدى الصوديوم عادة - أن تبقى فى أماكن لا يمكن للإلكترونات بالغة الصغر أن تبقى فيها، وكونها لا تنفذ الماء المهتاج أو الأكسجين المتفاعل، يمكن لأيونات مثلها فى حجم ذرة أن تستغرق ملايين السنين حرة فى الغلاف الجوى، تضربها الرياح والأمطار والعواصف الكهربائية، أو تدفن عميقًا فى الجبال، تتحطم تحت أميال من الصخور.

لا يمكن للإلكترونات الفردية أن تبقى زمنا طويلاً فى الماء الدافئ المراق فى جسم حى، لكن هذه الشظايا العملاقة التى تم إعادة تشكيلها تفعل ذلك بشكل رائع. والذرة التى لديها عدد مختلف من الإلكترونات أكثر مما تكون عليه عادة تسمى أيون من الكلمة الإغريقية "مسافر". وتسمى ذرة الصوديوم التى تم قص جزء منها أيون الصوديوم(٤٤).

هذا هو ما اعتادت أجسامنا حمله من التيارات التى قاسها هيلمهوتز، ولكن كيف يتم ذلك؟ الأعصاب أصغر مما ظن خبراء التشريح القدامى، والأنابيب البيضاء المجوفة التى توصل إليها خبراء تشريح عصر النهضة هى بالفعل مجرد أنابيب للأعصاب

الحقيقية، والتى تعتبر أكثر رقة، وتشبه عادة خيوطًا مجوفة، مصغرة إلى حد أبعد من قدرة الرؤية العادية، وأكثر الأجزاء ضيقًا هو المحور العصبى axon، الجزء الطويل الممتد للخلية العصبية التى تنطلق عبره الإشارات، وهذه المحاور بالغة الصغر حتى إنه من الصعب الرؤية بوضوح داخلها بواسطة الميكروسكوبات الحديثة.

من حسن حظ العلم، أن الأعصاب المختلفة ترسل إشارات بسرعات مختلفة، لو أن العصب نحيل جداً، فإن الإشارة تنتقل بشكل أسرع، وهذا يعنى أن علماء الفسيولوجيا فى القرن العشرين الذين رغبوا فى تحسين ما كان قد بدأ فيه أولاً الباحثون الألمان كان عليهم ببساطة العثور على كائنات تحتاج إلى إشارات عصبية بالغة السرعة لهجماتها وهروبها، حيث إن هذا يعنى أن هذه الكائنات من المرجح أن يكون لديها أعصاب واسعة وبدينة، وسوف يحتاج علماء الفسيولوجيا أيضًا إلى كائنات طويلة إلى حد ما، حيث إن الأعصاب الطويلة يكون من الأسهل جذبها إلى الخارج. المنطق عظيم، حتى نصل إلى معناه: صيد حيوانات ضخمة سريعة حية. الضفادع قد تبدو صغيرة جداً، والدببة قد تكون بطيئة جداً، لكن الحبار العملاق أو، قد يحل محله، حبار عادى – الذى يحتاج إلى إشارات سريعة حيث تكون ضرباته التى تعمل بالحركة النفاثة، مثالية.

أولاً، بالطبع، علينا العثور على حبار له هذه الصفات، كان لدى ألان هودجكين Alan Hodgkin، وهو شاب إنجليزى مهذب وأحد أعضاء لجنة جمعية الأصدقاء، صعوبات عندما عاد إلى بلايموث، فى إنجلترا، فى صيف ١٩٣٩، بعد توقف فى الولايات المتحدة. ذهب فى سفن تستخدم شباك البحر، وتجول فى أسواق الأسماك، لكن أين يوجد هذا الحبار؟ فى خطابات تميل إلى الثرثرة إلى أمه، حاول أن يكون إيجابيًا، لكن عندئذ، وهو يائس، لم يستطع سوى ذكر "الشح التام تقريبًا للحبار". ومع ذلك عند نهاية يوليو تحول حظه. ذهب فى عطلة لمدة أسبوع إلى إسكتلندا، وطلب من صياد سمك محلى الاستمرار فى الصيد، ووصلا إلى المطلوب: "فى عودتى، عثرت على وفرة كبيرة من الحبار فى انتظارى".

أعصاب الحبار التى سحبها هو وزميله الأصغر منه أندرو هاكسلى Andrew Huxley تجعل أى شىء من الكائنات الأكثر شيوعًا أصغر. كانت هذه الأعصاب كبيرة جدًا - تقريبًا باتساع خط قلم رصاص ذى تموجات - حتى إنه من الممكن أن تخترقها إبرة زجاجية نحيلة حتى منتصف كل منها. (كان الحبار ميتًا لكن الأعصاب كانت "حية"، إلى حد أنها كانت لا تزال تعمل دون مضيف عدة ساعات). كان الباحثون فى القرن التاسع عشر يستطيعون فقط قياس طول عصب، ولا يرون ما يحدث داخله. ورغم ذلك، استطاع هودجكين وهاكسلى قياس الكهرباء داخل العصب ومقارنة ذلك بما هو فى الخارج.

فى البداية فشلت تجاربهما لأن الإبرة المجوفة كُسرت فى مواجهة الغشاء، لكن هاكسلى كان ماهرًا فى استخدام يديه، وفى النهاية، بمساعدة بعض المرايا المصغرة استطاع رؤية الانحناءات التالية، واستطاعا توجيه الإبرة دون خدش العصب الهش الذى لا يزال حيًا.

فى الأسابيع الأولى القليلة، باستخدام تقنية دقيقة تحترم الوقت، عصرا المحاور العصبية لاعتصار المادة اللزجة الرطبة لبروتوبلازما المحور العصبى داخله، لم يجدا هناك الكثير من الذرات الضخمة لأيونات الصوديوم، التى كانت مثيرة للاهتمام، حيث كان هناك الكثير من أيونات الصوديوم فى ماء البحر وفى الدم، والصوديوم، على أى حال، هو مجرد جزء من الملح العادى (كلوريد الصوديوم). والطعم المالح لماء البحر أو الدم، سيان كان دم الحبار أو دم البشر، هو علامة على وجود هذه الأيونات فى العملية. كان هناك شىء ما داخل غشاء المحور العصبى للحبار يستولى على أيونات الصوديوم، تلك الذرات الضخمة المعدلة، وينتزعها، ويدفعها مباشرة خلال الغشاء، ومن ثم تتراكم خارج العصب.

كان هذا أمرًا عظيمًا، وتمثل فى رؤية التفاصيل الذى خمنها فقط الباحثون الألمان فى ستينيات القرن التاسع عشر. كان الحبار يخزن للاستخدام المستقبلى أيونات الصوديوم خارج غشاء خلاياه العصبية. لكن لماذا؟، كان لدى الشابين شعور حدسى - لقد درسا الفسيولوجيا فى كمبردج مع خبراء من العالم - لكن قبل أن

يستطيعا التقدم أكثر من ذلك، جاءت الحرب، عمل هودجكين على الرادار وهاكسلى مع الأدميرالية، ولم يحدث إلا فى عام ١٩٤٧ أن استطاعا العودة إلى أبحاث الساعات الكاملة. كتبت زوجة هودجكين الجديدة، مارنى، إلى والديها:

"ألان... يشبه الدلفين الذى أُطلق سراحه فجأة ..... يغوص ويقامر ويمرح فى البحث البحت بعد وقت طويل....".

كان التوقع محبطًا، لكن السنوات التى انقضت فى الرادار لم تضع، كان هودجكين وزملاؤه فى زمن الحرب قد استخدموا بشكل متكرر التبصر القديم فى أنه من السهل للتيارات الكهربائية أن تنتقل فى مسار طويل أملس واسع. هناك عادة الكثير من الإلكترونات المتاحة فى مثل هذا المسار الكبير، وبالتالى لا يكون هناك الكثير من "المقاومة" فى الطريق. فى المسارات الضيقة، مع ذلك، يكون الأمر أكثر صعوبة فى استمرار التيارات الكهربائية، يواجه التيار الكهربائى المزيد من المقاومة، وحيث إن أغلب الأعصاب ضيقة جداً (رغم العصب الهائل نسبيًا للحبار)، فإنها تقدم مقاومة هائلة لأى كهرباء تحاول الانضغاط خلالها، وهذا يعنى، كما أوضح هودجكين بعد ذلك:

"لو أن مهندس كهرباء كان ينظر فى الجهاز العصبى لرأى أن المعلومات الكهربائية الإشارية عبر ألياف العصب [الضيقة] مشكلة مفزعة... تكون ألياف [العصب] بالغة الصغر حتى إن..... مقاومة ما طولها متر من ألياف عصب صغير تكون هى نفسها تقريبًا الخاصة بـ ١٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠ ميل من سلك نحاس [أكثر سمكًا]، وهى عشرة أضعاف المسافة تقريبًا بين الأرض وكوكب زحل.

"قد يجد مهندس الكهرباء نفسه فى مصاعب جمة لو طلب منه أن يلف بالأسلاك المجموعة الشمسية باستخدام كبلات عادية".

يكون على الأعصاب أن تعمل بشكل مختلف، لا يمكنها أن تصب كهرباءها مباشرة إلى منتصف محاورها العصبية، كما تخيل ألكسندر بل الشرارات الكهربائية وهى تدور فى سلك كهربائى فى هاتفه، وبدلاً عن ذلك، يكون على الأعصاب بطريقة ما أن تأخذ طاقتها من معززات جانبية يتم الحصول عليها بشكل منتظم من شىء ما بالغ

القوة ومستمر فى انتظارها. يبدو الأمر كما لو أن مهندسًا عرف أنه سيواجه مشاكل عند المحافظة على إشارة تنطلق فى سلك، ومن ثم وضع بتدبر، يا للمفاجأة، بضعة ترليونات من وحدات التعزيز فى فترات منتظمة بمحاذاة الطرف.

هذا ما كانت تفعله أيونات الصوديوم، كانت هناك للمحافظة على انطلاق إشارة العصب. (أوضح المزيد من الأبحاث أن أيونات البوتاسيوم مهمة أيضًا لحالة العصب، لكن حيث إن وظيفتها مماثلة، سوف يلتزم النص بالصوديوم للوضوح). عندما تكون لدينا فكرة، وتبدأ خلية عصب فى مخنا بالعمل، سوف تتلاشى الإشارة فى جزء من ميللمتر إذا لم يعد بعض من هذا الصوديوم المشحون من الخارج للمحافظة على حصولها على الطاقة[٤٥]. ما أوضحه هودجكين وهاكسلى - وهو ما استحقا عليه جائزة نوبل - كان أن غشاء الخلية ليس حاجزًا مطاطيًا مستمرًا، لا يمكن اختراقه، ومتكتمًا يحافظ على أفكارنا محبوسة فى أعماق فرويدية متواضعة، وبالأحرى تكون له كميات كبيرة من الفجوات الصغيرة تتسع لتجعل أيونات الصوديوم تمر خلالها، وليس من المطلوب أن تمر منه كمية كبيرة، ولكن مجرد عدة آلاف من أيونات الصوديوم على طول أى ملليمتر من العصب، وهذا يكفى.

أى شىء يجعل معززات الصوديوم تعمل سوف يبدأ الإشارة، فى أى عين تحدق فى شاشة حاسب، على سبيل المثال، تضرب الموجات الكهربائية الآتية من الشاشة الجزئيات المتشكلة بمهارة المعروفة بإسم الرودوبسين rhodopsin، الموجود فى شبكية العين. تخيل جزيئات الرودوبسين كأشجار النخيل، تلتوى الجزيئات مثل سعف النخل فى إعصار استوائى عندما يضربه الضوء، وينجذب جزء من الرودوبسين - جذوره" - إلى أعلى، وحيث إن أشجار الرودوبسين تقف فى خليط رقيق من أيوانات الصوديوم، تنفتح فجوات على قاعدة كل شجرة عندما تنهض الأشجار، ينسكب الصوديوم خلال هذه الفجوات الجديدة فى العصب أسفلها، وتبدأ الإشارة.

هذه الرجة الأولى للصوديوم، والتى تدخل فى نفس بداية العصب، تجعل الملليمتر التالى من غشاء العصب يفعل شيئًا غريبًا. إنه يلتوى ويشكل فقاعات وينثنى ثم، فجأة، تبدأ فجوات فى التفتح هناك، جاعلة المزيد من الصوديوم الذى كان ينتظر أكثر بعدًا

فى الخارج، ينسكب، عندما يصل تعزيز الصوديوم هذا، فإن الجزء التالى من العصب ستكون لديه القوة لتشكيل فقاعات مع الفجوات المفتوحة، والصوديوم الذى تم تخزينه فى الخارج حتى على بعد أكثر، ينسكب أيضاً، ويتم تكرار التسلسل، فى تماوج سريع عبر الطول الكامل للعصب.

بعد أن تكون الإشارة قد عبرت كاملة، يكون العصب فوضى متهدمة، مخترقًا بفجوات ومرشوشًا بالصوديوم. قبل أن يعمل من جديد، عليه أن يعيد بناء نفسه، وهو ما يعنى أن يقفز خارجًا الصوديوم الإضافى الذى انسكب داخله، وإغلاق الفجوات. وهذا أمر يتسم باستهلاك طاقة كبيرة، حيث يحافظ على مجال كهربائى للصوديوم فى الخارج، ولا يدعه يتساقط فى انتظار إشارة أخرى، بحيث يكون ٨٠ فى المائة من الطاقة التى تذهب إلى مخنا - كل السكر والأكسجين، وكل الفضلات الغذائية لشرائح اللحم و"الرقائق المثلجة "Frosted Flakes و"النعناع الأصفر "Junior Mints" مكرساً ببساطة لتثبيت دمار فجوة الصوديوم هذه.

أحيانًا لا يستعيد العصب وضعه بالسرعة العادية، عندما يكون الهواء باردًا، تصبح أصابعك غير بارعة، ويعود ذلك إلى أن العصب الدهنى الذى يغطى أصابعك يصبح أكثر سمكًا، تمامًا مثل تخثر الشحم الدهنى لخروف صغير بعد وجبة ما، ونتيجة ذلك فإن الصوديوم الذى يتم ضخه فى الأعصاب الذاهبة إلى أطراف أصابعك لا يعمل بشكل جيد كما فى الطقس الحار، وهذا هو سبب حاجتنا إلى التدفئة قبل القيام بأية مهمة تتطلب التحكم الجيد فى المحرك. كان عازف البيانو العظيم جلين جولد Glenn Gould يشعر بالضجر غالبًا قبل العزف، إلى أن يستطيع العثور على حوض عميق أو دلو حيث يمكنه تغطيس ذراعيه فى ماء ساخن، كان النقاد يسخرون منه أحيانًا، لكنهم كانوا يسمعون عندئذ عن النتائج، بمجرد تليين دهنه المتخثر، ومجرد استعداد مسار الصوديوم الذى حصل على الكهرباء لديه، تتوافر لديه روائع باخ. (تقلل مكعبات الثلج من إطلاق الصيحات الحادة عند ثقب شحمة الأذن لنفس السبب).

أحيانًا تكون المشكلة أكثر جادية من عصفة هواء بارد، السائل المعروف باسم تترودوتوكسين tetrodotoxin هو أحد أخطر السموم الموجودة على العصب، عندما

يُرش حول عصب، يؤثر على مضخات الصوديوم، ويغلقها بإحكام. لو أن هذا يؤثر على بضعة أعصاب فقط، مثل تلك المشتركة فى نظرنا هنا وهناك، التى ترتبك، ونحن نبحث عن مكان جهاز التحكم عن بعد فى التلفزيون، فلن يكون هذا بالغ السوء، لكن هناك تماثل كبير فى الأعصاب فى كل الجسم، بينما يتسرب التترودوتوكسين فى كل مكان، تتأثر أيضًا إشارات العصب التى تنتقل إلى القلب والرئتين، يجب أن نحذر قليلاً من ذلك، يجب أن نبحث وتكون لدينا رغبة جادة فى المحافظة على عمل أعصابنا، لكن لو أن قنوات الصوديوم كانت مغلقة ولم يصطف أى من معززات الأيونات، سوف تتلاشى الإشارة الكهربائية بعد وقت قصير. قد تكون النتيجة الوفاة بالاختناق، يتم إنتاج تترودوتوكسين فى حالته الطبيعية لدى السمكة اليابانية الواخزة المرعبة ويتضاعف بواسطة اختصاصيين حربيين متحمسين حول العالم.

يقع الكحول فى الوسط بعض الشىء. فهو يجعل أغشية العصب الدهنية تبدأ فى التخثر، لكن ليس بما يكفى للوفاة الفورية، والنتيجة تشبه إلى حد كبير تعثر برد الإصبع، وفى هذه الحالة فقط يعمل تشوش الغشاء على خلايا العصب العميقة داخل المخ، لتحمل أفكارنا وذكرياتنا، أكثر من كونه على الأطراف فقط، لهؤلاء الراغبين، كما لاحظ صمويل جونسون Samuel Johnson، فى الهروب من أنفسهم، من المعزى إضعاف الجدران التى تحافظ على مضخات الصوديوم المعززة كهربائيًا فى مكانها.

تتطور التقنية بصورة مطردة أسرع من العلم، ويستخدم الناس الكحول بسعادة و - لو كانوا حكماء - يتجنبون الأسماك الواخزة السامة، منذ آلاف السنوات قبل معرفة تفاصيل مضخات الصوديوم. وكانت عمليات التخدير المبكرة مماثلة. كانت الحاجة إليها كبيرة، حيث يعمل الكحول فقط على إيقاف الألم الجراحى، وحتى فى منتصف القرن الثامن عشر كان على المستشفيات التعليمية الكبيرة استخدام "أصحاب قبضات" أقوياء الجسم، مثل حمالى البضائع السابقين أو الملاكمين، وكان عملهم الإسراع خلف مرضى الجراحة الهاربين وجرهم للعودة إلى محنتهم على مسرح العمليات. (بشكل مرعب وصف فلوبير Flaubert، ابن جراح من ذلك العصر ما

قبل التخدير، ما كانت تعنيه العملية الجراحية حينئذ فى مشهد بتر الرجل فى "مدام بوفارى").

جاء التغيير فى عمليات التخدير فى بداية القرن التاسع عشر ومنتصفه، عندما تم اكتشاف الغازات المفيدة المختلفة، مثل الأثير، لإفقاد المرضى وعيهم دون الكثير من الوفيات. وكان سيجموند فرويد Sigmund Freud، وهو طالب طب شاب فى ثمانينيات القرن التاسع عشر، مغرمًا بشكل خاص بتجريب خواص خلاصة نباتية مخففة تسمى كوكايين(٤٦)، كانت ممتازة فى عمليات العين الجراحية، ومبهجة أيضًا للجراحين الذين يتعاملون مع عينات منها، بشكل متكرر غالبًا، لمجرد التأكد من أن الجرعات كانت صحيحة.

كان من الواضح من خلال أعمال هودجكين وهاكسلى فقط، رغم ذلك، كيفية عمل مواد التخدير، تمامًا مثل الكحول، يترسب الكثير من هذه الجزيئات فى الأغشية الدهنية لأعصابنا، ويقلل من عمل مضخات الأيون عبر محاور الأعصاب أينما وصلت، قد تشد الزردية بوحشية على ضرس، أو قد تخيط إبرة قطع نسيج حى معًا، لكن نبضات العصب التى يتعرف المخ من خلالها على هذه المظالم سوف تتقدم مجرد جزء من بوصة قبل انغلاق معززات الصوديوم - حيث تتساقط لتتوقف، بعد أن تمت معرفة تفاصيل كيفية عملها - وأصبحت الأساليب المختلفة للعمل بشكل عام تجاه مواد التخدير المحلية واضحة - تحسن الطب إلى حد هائل. العمليات الجراحية الخطيرة مثل القنوات البديلة للقلب أصبحت ممكنة، أصبح من الممكن التحكم فى الجراحة بالثقب فى الركبتين. كان لدى المهندسين فى العصر الفكتورى محركات كهربائية كبيرة فقط واستخدموها فى تحريك مصاعد أو لتشغيل الأدوات التى تعمل آليًا أو مضخات الثلاجات، ويمكن لمهندسى البيولوجيا الآن استخدام مضخات كهربائية مجهرية من أيونات الصوديوم للتحكم فى مناورات أكثر رقة بكثير داخلها.

لم يتحايل هودجكين قط ليسكر حباراته، لكنْ زملاؤه قدموا لها تترودوتوكسين (وهو ما يبدو قاسيًا، ولكن مع الوضع فى الاعتبار أن الأعصاب التى تم استخدامها تمت إزالتها من جسم الحبار، ربما يعتبر الاعتراض موضع نقاش). عندما سكبوا التترودوتوكسين مباشرة فى الأعصاب لإيقاف الصوديوم تمامًا، ثم راقبوه وهو يزول

تدريجيًا، كان فى استطاعتهم أن يروا بالضبط كيف بدأت مضخات الصوديوم فى العمل من جديد، الذى اكتشفوه كان متواضعًا بالنسبة لأى شخص يعتز ببعدنا عن الكائنات البحرية ذات المجسات والأعين الواسعة، كانت الآلية هى نفسها بالضبط كما لدى البشر[٤٧].

"ضع فى الاعتبار" كما قال هودجكين، "أن الحبار من الأقرباء البعيدين جدًا عن الإنسان – أول سلف مشترك... مات منذ عدة مئات الملايين من السنوات – وهذا التماثل فى السلوك يشير إلى قيمة بقاء قناة الصوديوم فى مملكة الحيوان". يوجد منطق محسوس هنا، لأنه ليس لدى الكائنات الحية – أشباه البشر أو رأسيات الأرجل – اختيار للمواد التى يعملون بها. الأيونات طريقة ممتازة مجهزة للحالات الطارئة فى استخدام التيار الكهربائى لإرسال الإشارات، وما كان ينجح فى عام ٣٠٠ مليون قبل الميلاد تستمر فعاليته حتى الآن.

الفصل الثانى عشر

أمزجة كهربائية

إنديانابوليس، ١٩٧٢ والآن

خلال كل مئات الملايين من هذه السنوات، تلوت أشكال الحياة المفكرة كهربائيًا، أو جرت، أو هجعت أو ماطلت أو أسكنت نفسها بطريقة أخرى على كوكبنا. داخل كل من هذه الكائنات، كانت الإشارات الكهربائية تنطلق عبر قنوات أغشية العصب، مثل أكثر الأفعوانيات تشابكًا فى مدن الملاهى، وكل عرباتها مضاءة تتسابق فى الليل.

لكن كل إشارة تصل فى وقتها إلى نهاية ليفتها العصبية، وهذا يمثل مشكلة، لأن الأعصاب لا تشكل شبكة أنابيب عملاقة، تدخل باستمرار كل منها فى الأخرى، وبدلاً من ذلك هناك فجوة بين أى عصبين. وهذه الفجوة، التى يطلق عليها مشبك **synapse** (من الكلمة اليونانية **synaptein**، بمعنى "التثبيت معًا")، كانت مرئية بوضوح حتى فى بداية ١٨٩٧، هى ليست انفصالاً كبيرًا، لكن مجرد بضعة أجزاء من ألف من البوصة، لكن على المستوى المجهرى تكون شقًا يقترب من اتساع محيط.

كيف يمكن للإشارة أن تعبرها؟ قد يكون الحل الخطوة الجبارة التالية فى فهم أعصابنا ومخنا، قد يتم ابتلاع الإلكترونات فى الفجوة بين الأعصاب، بل قد تكون أيونات منفردة عديمة الفائدة مثلها مثل كرات اللعب على الشاطئ وهى تهتز فى البحر. ومع ذلك عرف علماء الميكروسكوب أن شيئًا ما يجعلها تعبر، بل إنهم يشكون فى كونها كهربائية، لكن إذا لم تكن إلكترونًا صغيرًا، ولم تكن أيون ذرة كبيرًا، فما هى؟

أتت الإجابة من رجل عمره سبعة وأربعون عامًا، عالم العقاقير فى جامعة جراز. فى عشية عيد الفصح أواخر ١٩٢١، كان يعمل فى الليل، وأدرك فجأة بالضبط كيفية عبور هذه الفجوات، كان الأمر مذهلاً، لعل الفهم العلمى للجهاز العصبى قد اكتمل، أضاء النور، وكتب تبصره العظيم، ثم عاد ليستغرق فى النوم، فى الصباح استيقظ من جديد، كان دائمًا باحثًا واعدًا، لكن ما حلم به هذه الليلة: حسنًا، كانت فكرة غير مسبوقة، نظر إلى قطعة الورق حيث كان قد كتب فكرته العظيمة.

ولم يستطع قراءتها. كان فن الخط دائمًا أحد مجالات تفوق أوتو لووى Otto Loewi، لكن ليس فى الساعة الثالثة قبل الظهر. كان اليوم التالى أحد أسوأ الأيام فى حياته، مهما حدق لووى كثيرًا لم يستطع أن يستوعب كلماته المخربشة على قصاصة الورق التى استخدمها، ولم يستطع، مهما جاهد فى محاولته، أن يتذكر حتى كسرة مما حلم به.

فى الليلة التالية ترك نفسه يستغرق فى النوم برقة، لو أنه كان محظوظًا، قد تعود إليه الإجابة، أتى منتصف الليل، وكان لا يزال نائمًا - دون حلم. فى الساعة الواحدة قبل الظهر - بدون حلم. فى الثانية قبل الظهر - لم يكن هناك حلم بعد لإيقاظه، لكن عندئذ، كما تذكر لووى بحب: "فى الثالثة قبل الظهر، عادت الفكرة، كانت تصميم تجربة".

هذه المرة لم يكن عليه أن يأتمن القلم والورقة على فكرته، قام لووى وارتدى ثيابه وهرول إلى مختبره، كانت لديه طريقة لتحديد المادة التى تصدر عن العصب! ما أدرك لووى أن عليه فعله - قد يرغب القراء الذين يصعب إرضاؤهم فى القفز على المقاطع القليلة التالية - هو أن يقتل ضفدعين وينتزع قلبيهما، ترك قلبًا واحدًا متصلاً بالأعصاب التى تسكب موادها الكيميائية المجهولة فى القلب، وراقب ليرى كيفية سلوك القلب - ما إذا كان يتباطأ أو يتسارع - وهو يجعل المزيد من المواد الكيميائية تخرج من الأعصاب، ثم سحب عبر السيفون هذه المواد الكيميائية المجهولة بحيث تنسكب على القلب الآخر. لو تفاعل القلب الثانى بنفس الطريقة، يكون قد عرف أن شيئًا ما فى هذا السائل كان يحمل الإجابة.

استطاع لووى أن يفعل ذلك، لأنه، مثل الكثير من علماء التشريح فى زمنه، كان لديه إمداد من الضفادع سيئة الحظ فى متناول يديه، وكان يعرف أن قلب الضفدع الميت يستمر فى النبض لقليل من الوقت. واصل العمل بمبضعه وبعد وقت قصير كان القلبان فى دلوين منفصلين، حيث كان نبضهما يتلاشيان. ضغط على العصب المبهم الكبير الذى يؤدى إلى الضفدع الأول، بحيث يخرج المزيد من السائل أيًا كان الموجود داخله. تباطأ القلب الأول. قام بنقل بعض من هذا السائل إلى الدلو الثانى، حيث كان القلب الثانى لايزال يتباطأ فى النبض، لأسباب تعود إليه تمامًا. بعد بضع دقائق سكب السائل، وبدأ القلب الثانى أيضًا فى التباطؤ. كان السائل الآتى من الأعصاب الحية قويًا بالفعل بما فيه الكفاية لفعل ذلك.

ما أدركه لووى ومن أتوا بعده هو أنه فى هذه السوائل التى تنبثق بين خلايانا العصبية توجد جزيئات طافية ذات وزن كبير، وهى تتكون غالبًا من عدة مئات من الذرات ملتصقة معًا، مما يجعلها أكبر بكثير من أيونات الصوديوم المهتزة، لذلك تبقى فى رحلتها دون أذى، وهى تعمل مثل غواصات مصغرة، كل أساطيلها تنطلق من فقاعات بالغة الصغر فى طرف خلية العصب النشيطة، وتطفو عبر المشبك نحو هدفها، توجد جزيئات مماثلة فى تقاطعات العصب فى كل الجسم، وهى مهمة بشكل خاص فى وصلات العصب فى المخ، وحيث إن خلايا المخ التى نقصدها تسمى خلايا عصبية neurons، فإن هذه الجزيئات التى تنقل الإشارات بينها تسمى ناقلات الخلايا العصبية. يطيل الإله سبابه لآدم على سقف كنيسة السستين، ونهايات عصبه يقطر منها جزيئات التى من خلالها - خلال الخطة العبقرية لفتح قنوات الصوديوم لدى آدم - يجعل الرب أول أعصاب للإنسان تبدأ فى الارتعاش مع تدفق الكهرباء.

هذه هى طريقة عبور الإشارات للفجوة، تنتقل الإشارات الكهربائية عبر العصب إلى الفجوة فى النهاية وتجعل سائلاً قويًا يخرج من الطرف المستدق للعصب، ويعبر هذا السائل الفجوة، ويدخل فى العصب التالى، ويحمل عبره الرسالة التى أرسلها العصب الأول.

مع ذلك، لو أن كل خلية من خلايانا العصبية رشت سائل التباطؤ الذى عثر عليه لووى، لكنا وقعنا فى مشكلة، لو فكرنا فى فكرة ما، أو حاولنا تحريك ذراعينا، لكان كل

شيء قد بدأ في التباطؤ فأكثر فأكثر، من حسن الحظ أن هناك أنواعًا أخرى من السوائل الناقلة في جسمنا، بعضها يسارع الخلايا التي يصل إليها، بينما تساعدها الأنواع الأخرى ببساطة لكي تشكل وصلات جديدة - عشرات تم العثور عليها الآن. (إحدى هذه الناقلات الإضافية التي ساعد لووى أيضًا في فهمها كان ما أُطلق عليه في البداية مادة التسارع Acceleransstuff بسبب أدائها في التسريع بالخلايا التي تصل إليها، ونسميها أدرينالين).

لكل غواصة ناقل عصبي شكل مختلف، وإذا وجدت المرسى المناسب لها، تسحب نفسها إليه، هذا السحب يأتي من نفس نوع الكهرباء الساكنة التي تصيبنا بصدمة في يوم جاف، لدى العديد من مناطق الجزئ الناقل قوة كهربائية سالبة إضافية (من تركيز الإلكترونات هناك)، بينما للمناطق المماثلة على خلية العصب المقصود قوة كهربائية موجبة إضافية (للنقص النسبي للإلكترونات). عندما يتقارب تيار المنطقتين، يكون الأمر كما لو أن البحارين على سطح سفينة يجذبون حبال الرسو في مرسى، حيث يتحركون بخفة ورشاقة معًا بإحكام.

لو أن العملية انتهت هناك، قد نقع في المصاعب من جديد، حيث إنه عند وصول الناقل العصبي، يستطيع العصب الذي ضُرب أن يبدأ العمل الآن، مع فتح مضخات الصوديوم فيه على اتساعها، لكن لو ظل الناقل ملتصقًا هناك بتهور، قد لا يتوقف عمل العصب، الإشارة من الماضي تظل تتكرر، لن تكون لديك وسيلة أبدًا للحصول على مشاعر جديدة من العالم الخارجي، ولا تستطيع ابتكار فكرة جديدة، تكون قد التصقت بهذه اللحظة الوحيدة إلى الأبد.

من حسن الحظ أنه مازال هناك مع ذلك جزيئات أخرى تعمل في الفجوة بين خلايا العصب في مخنا وفي كل مكان، ووظيفتها أن تعمل كأطقم تدمير، حيث تعيد تجميع الناقل العصبي تقريبًا بمجرد أن يستكمل رحلة العبور، وفي انفجار أكثر ملاءمة للكفاءة البيئية، عندما تمزق الناقل إلى أجزائه المكونة له، فإنها تقود هذه الأجزاء عامة عائدة إلى العصب الراسل الأصلي، حيث يُعاد امتصاص الأجزاء، ويعاد بناؤها و- يتم تنظيف كل ذاكرة الرحلة السابقة بمحوها - توجيهها نحو السطح لتكون

جاهزة لإرسالها من جديد. تجذب القوى الكهربائية كل الأجزاء معها، دون الطاقة لا يحدث أى شىء من ذلك.

أصبحت كميات كبيرة من الأسرار واضحة بعد أعمال لووى، كان يتم شرب الكافيين منذ قرون، حتى مع معلقين فى القرن السادس عشر يشتكون من أن الطلاب الشباب كانوا يستخدمونه بشكل مفرط، لكى يظلوا متنبهين عندما كانوا يحاولون ملاحقة دراساتهم. لكنَّ أحداً لم يعرف كيفية عمله، ولقد غير ذلك فهم الارتباطات الكهربائية على مستوى أسطح الخلية فى المخ. الناقل الشائع بين خلايا المخ هو الجزئ ضخم الحجم الذى يسمى أدينوسين، عندما يصل إلى خلايا المخ المستهدفة له، يميل لأن يبطئ من معدل عملها. ما يفعله الكافيين هو الانسلال فى مواقع رسو الأدينوسين، مع امتلاء هذه المراسى الآن، لا يمكن للأدينوسين الدخول، قد نكون منهكين، وقد نحتاج إلى راحة عميقة، لكن مع اختلاط خلايا الاستقبال فى مخنا بالكافيين، لا يجد الأدينوسين اليائس المتدفق لدينا، مراسى حرة كافية لكى ينغلق عليها بإحكام وبذلك لا يستطيع جعل هذه الخلايا تتباطأ.

ومع مرور السنوات بعد اكتشاف لووى، أصبح المزيد من التفاصيل الدقيقة واضحًا أيضًا، كانت نانسى أوسترفسكى Nancy Ostrowski أمريكية شابة تم اعتبارها ذات مرة راهبة، ومع سبعينيات القرن العشرين تحولت إلى الأبحاث. لكن يبدو أن بعض القيود من حياتها السابقة قد انتقلت إلى عملها الجديد، فى مختبرها خارج واشنطن، العاصمة، كان عليها تجهيز شىء ما مثل المقصلة، ثم عليها تشجيع فئران لممارسة الجنس، وبعد ذلك تقطع رأسها بينما تكون مشغولة فى هذا الأمر، مع الخلط بسرعة كافية لأمخاخها، توصلت إلى أن الكثير من خلايا المخ كانت تسكب مواد إندورفين endorphins. وهى ناقلات عصبية يتم إنتاجها بشكل طبيعى وتتشكل مثل الهروين أو المورفين إلى حد كبير، وعندما تعبر فجوات المشابك وترسو على المستقبلات المنتظرة، تشعر الثدييات بسعادة بالغة.

مواد الإندورفين مؤقتة، لكن أمزجتنا فى مجملها تستمر مدة أطول، بعض الناس يشبهون برتى ووستر Bertie Wooster لـ ب. ج. وودهاوس P. G. Wodehouse، الذى

تحافظ لديه البهجة على اندفاعها، وآخرون على العكس، يسعدون تمامًا لعصر أعناق كل أولئك الذين يطلبون منهم دائمًا أن يكونوا أكثر مرحًا وهم يمارسون حياتهم اليومية، كلما أصبحت معرفتنا أكثر دقة بكيفية حركة الجزيئات والأيونات المشحونة كهربائيًا داخل المخ، كلما كان من الأسهل وصولنا إلى أمزجتنا والتحكم فيها، بل وحتى إلى حد ما إلى طبائع التفكير والتصرف لدينا.

هذه هى آخر مرحلة فى استخدام فهم الكهرباء من أجل تقنية جديدة، استغرقت عواقب التلغراف والحاسب عقودًا لكى تصبح واضحة، وسوف يخلق المستقبل الذى يتأمل بحكمة فى الناقلات العصبية ما سيظل فى انتظار معرفته[٤٨]. الاختراق الكبير فى استخدامها من أجل تحكم نفسى تفصيلى جاء فى مختبرات إنديانابوليس لشركة إلى ليلى Eli Lilly فى بداية سبعينيات القرن العشرين. كان الكثير من الباحثين يعرفون أن الناقل العصبى المسمى سيروتونين serotonin مهم فى حدوث أمزجتنا. وهناك الكثير من الكفاءات، لكن بالتقريب يشعر الأفراد الذين لديهم كميات منخفضة من السيروتونين فى أمخاخهم بالاكتئاب غالبًا، ومع ذلك كيف يتم التحكم فيه؟ مهاجمة المخ بمادة كيميائية قوية مثل الثورازين Thorazine سوف تجعلنا أفضل قليلاً، لكن الثورازين، للأسف، لديه دقة قاذفة اللهب ويهاجم الكثير من الدوائر المفيدة الأخرى فى المخ. والنتيجة، عند استخدام الثورازين وحده، كانت هناك مستشفيات الأمراض العقلية حيث يمكن نزع الأردية طويلة الأكمام عن المرضى، لأنه يمكن فقط الثقة فى جلوسهم خالين من التعبير فى مقاعد الشاش، وقد فقدوا الكثير من شخصياتهم فى هذه العملية.

كان ما توصل إليه باحثو [إلى ليلى] هو طريقة بارعة غير مباشرة لرفع مستوى السيروتونين ولا أكثر من ذلك، لم يستطيعوا جعل المزيد من السيروتونين يخرج، لكنهم فعلوا القليل الذى بدا أنه يستمر فى العمل مدة أطول. حيث يتم التحكم فى مستويات السيروتونين ليس فقط بكمية ما يتم سكبه من خلايا العصب النشيطة فى المخ، ولكن أيضًا بمدى سرعة أطقم التدمير - الجزيئات الحارسة - الطافية فى الفجوات بين خلايا المخ تسحقها بعيدًا ثم تسحبها من جديد إلى الخلية الناقلة لكى يتم إعادة امتصاصها، لو أن شخصًا ما لا ينتج ما يكفى من السيروتونين، أو أن مستقبلاته لا

تعمل بشكل جيد، لماذا لا يتم فقط إبطاء عملية التدمير وإعادة الامتصاص؟ يسكب البروزاك جزيئات صغيرة تتلألأ كهربائيًا تنغلق بإحكام مع العديد من الجزيئات النشطية فى عملية التدمير، وتمنعها من العمل بكفاءة كاملة. ما النتيجة؟ مع جزيئات تدمير لا تعمل، لا يتم تدمير الكمية الصغيرة من السيروتونين الذى يرشح بشكل طبيعى بسرعة كبيرة، وتظل مستوياته ثابتة، أو قد ترتفع، ونشعر بأننا أفضل.

كان الفيلسوف الأسكتلندى دافيد هيوم David Hume معتاداً على التساؤل حول ما يمكن أن يشبه أن يكون المرء مديراً لمسرح، وهو يقف فى الكواليس يراقب كل الشخصيات المختلفة وهى تتسابق هنا وهناك، وهو يعنى بهذه الشخصيات الجوانب المختلفة لشخصيته، كان يعيش فى وقت الثورة الأمريكية تقريبًا، عندما كان فولطا، الذى بدأنا به قصتنا، لا يزال شاباً، لذلك لم يكن لدى هيوم أية فكرة بأن كل هذه الشخصيات كانت محبوسة فى مخه كأنماط لاندفاع الكهرباء عبر الكبلات الطويلة لخلاياه العصبية، أو كجزيئات كهربائية مشحونة تطفو عبر مشابكه العصبية. لكننى أظن أنه أحب فكرة أنه خلال القرنين منذ كان موجوداً، استطعنا ابتكار حضارة تعمل بالقوى الكهربائية، وقد نتعلم، بالقرب من نهاية هذه المدة، أن الآلة التى تجعلنا نرى ونفهم كل ذلك - مخنا - كهربائية فى جوهرها.

مرة أخرى، فإن الحجم بالغ الصغر للإلكترونات القديمة التى نتكون منها ضرورى لعملها. الإلكترونات صغيرة جداً بحيث لا تزال الجزيئات التى تساهم فى خلقها تحت مقياس الحجم إلى حد كبير الذى يمكننا رؤيته مباشرة، وهذا يعنى أن عدداً هائلاً يمكنه أن يتلاءم داخلنا. يزن مخنا ثلاثة باوندات فقط، لكن لديه نحو ١٠٠ مليار من الخلايا العصبية النشيطة تستقر فيه، ويعطى هذا عدداً من محطات الإشارات الكهربائية يماثل عدد النجوم فى مجرة درب التبانة[٤٩]. تنقد الإشارات خلال أعصابنا بنحو ١٠٠ ميل فى الساعة، وتستغرق مجرد بضعة أجزاء من الألف من الثانية لتعبر فجوات المشابك العصبية وتستمر إلى العصب التالى، وحيث إن مضخات الصوديوم والناقلات العصبية تتحرك أسرع من صخور تسقط أو أشجار تتقصف فى العالم الخارجى، فإن هذا هو سبب أنه يمكننا استخدام تركيباتها الغريبة للمحافظة على سلامتنا ونحن نراوغ ونتعثر فى طريقنا خلال العالم.

تجعلنا سرعة الكهرباء نبقى، لكن لو أن تلك هى قوتها الوحيدة، لكنا قد أصبحنا ضائعين تمامًا ودون ذاكرة، حيث إن الأحاسيس، بالطبع، تتدفق باستمرار فينا فى تعاقب سريع، تضرب السدود الضخمة لجزيئات الهوء الجلد المشدود لطبلتى الأذنين لدينا، وعندما يكون السد عنيفًا بشكل خاص، نشعر به باعتباره صوتًا واضحًا، تحمله أعصابنا عميقًا فى عقلنا، ومضخات الصوديوم بالغة الصغر تعزز الإشارات، بل تحمله إلى ما هو أبعد من تلك الناقلات العصبية المهتزة الطافية إلى أعلى. ومع ذلك لو أن السد التالى من الأحاسيس من الخارج استولى على نفس كبلات العصب، سوف تُستبدل الإشارة الأولى بحكم الضرورة، وتزول من الوجود بواسطة هيئة جديدة لأنشطة مضخة صوديوم تتدفق بعدها. ولن تكون لدينا ذكرى بما حدث على التو قبل ذلك.

لقد أنقذنا الاستقرار القديم للشحنة الكهربائية، لنتذكر مجالات القوة الشبيهة بالهالة التى انبثقت من كل الجسيمات المشحونة على الأرض، لقد وُجدت، وهى تنتظر لمليارات السنوات، إنها بالغة القوة، وقديمة جداً، وعندما انتظمت كل نظم الخلايا العصبية للعمل بأنماط محددة، سوف تحافظ مجالات القوى هذه التى تسحب بقوة على هذه الأنماط سليمة.

قد تختفى ارتجافات الذاكرة قصيرة المدى فى مجرد ثوان أو دقائق، لكن ذكرياتنا الأعمق، تلك التى تشكل شخصيتنا ذاتها - الممثلين الدائمين لدراما دافيد هيوم - يمكن أن توجد، مؤقتة، تدعمها عمليات السحب الكهربائية الدوارة السريعة فى خلايانا، لعدة ساعات وأشهر ثم عقود فى النهاية، تقابل امرأة شابة رجلاً رائعًا فتتأثر بعمق. وبعد عقود، بعد أن تكون قد أصبحت عجوزًا ومنحنية، وأحفادها من حولها، تسمع أحد أطفالها يقرأ بصوت مرتفع أحد خطاباته عن الحب. فى البداية تكون الكلمات بعيدة، لا تكاد تتعرف عليها، لكن مضخات الصوديوم والناقلات العصبية بكهربائها المتوهجة تنبض عندئذ وتنشط، تنظر إلى أعلى.

وتتذكر.

الكون قديم جداً الآن، وقد مر وقت طويل منذ اختفت الشحنات الكهربائية الأصلية الناتجة عن الانفجار العظيم، وتم تدمير الكثير من الشحنات المنفردة وهى

تنتقل عبر المجرات، لكن في مكانها - دائمًا - ظهرت شحنات جديدة، لم يكن هناك استثناء قط، وكمية الشحنة الكهربائية في الكون لم تتغير قط.

لقد أتى الفجر على الخام، والكواكب المنصهرة، وتطورت الجزيئات الحية المغلفة بالكهرباء بمهارة وتكاثرت، واتخذت الخلايا العصبية المجمعة ذاتية الوعي شكلاً لتصبح أمخاخًا حساسة، ووجهت خلايا الشبكية العاملة بالكهرباء الكائنات المتحركة.

في كل أشكال الحياة هذه، وفي كل الدهور، ظل هذا الثابت الواحد باقيًا، كانت كل عواصف النيران وتفاح السيانيد ورسائل التلغراف مثيرة ببساطة بسبب تغير هذه الشحنات من مكان إلى مكان، أحيانًا تجري هذه الشحنات الكهربائية في أسلاك النحاس، وتتحرك أحيانًا خلال الخلايا العصبية للمحبين، أو الطلاب، أو الشياطين السياسيين أصحاب العيون الجامحة، ومع ذلك في وقت آخر، في المستقبل، سوف تنطلق المجالات الكهربائية والمغناطيسية من شمسنا المدمرة بسرعة فائقة عبر المجرة بدورها، حاملة رسائل غير مسموعة إلى نجوم على مسافات شاسعة، نحن كائنات حية هشة، نعيش بين هذه الهجرات المدوية، الوقورة، القوية للشحنة الكهربائية.

مملكة الكهرباء تشكلنا جميعًا.

"سوف أختم فصل القواعد هذا بتوجيه النصيحة إلى كل شباب الكهربائيين بأن يكونوا في حالة حذر للغاية... صدمة كبيرة... قد تؤثر على قدرات الشخص على التفكير بطريقة ما، حيث لن يكونوا أبدًا كما كانوا من قبل".

جوزيف بريستلي Joseph Priestley،

"مقدمة عادية لدراسة الكهرباء"، ١٧٦٨

ما الذى حدث بعد ذلك

أصبح جوزيف هنرى **Joseph Henry** صديقًا لأبراهام لنكولن **Abraham Lincoln** ومات فى ١٨٧٨، ويتم تبجيله باعتباره أعظم عالم أمريكى. كان من النادر أن يتكلم عن مورس، لكنه لاحظ ذات مرة: "لو عشت حياتى من جديد.. لكنت قد استصدرت المزيد من براءات الاختراع". اهتم صموئيل مورس بثروته الهائلة، لكنه أصيب بالفزع عندما أدت الحرب الأهلية الأمريكية إلى إلغاء العبودية، مات فى ١٨٧٢ مما بدا أنه كان سكتة دماغية وقد ملأه الإحباط من احتمال اعتبار أن هنرى هو الذى اخترع التلغراف، فى أواسط العقد الأخير من القرن العشرين أوقفت السلطات الدولية رسميًا رموز مورس فى كل الاستخدامات العسكرية والبحرية.

تقاعد ألكسندر جراهام بل فى كندا، حيث أصبح رائدًا فى أبحاث المركبات الطائرة والقوارب ذات السطح الانسيابى، وكان مؤيدًا مبكرًا لحقوق المرأة، وهناك صورة له وهو رجل تقدم فى العمر جدًا بلحية بيضاء، يقف على رصيف ميناء فى نوفا سكوتيا، وهو يراقب تجربة تشغيل أكثر قواربه تطورًا ذات السطح الانسيابى، هذا الشيء المبهم اللامع المصمم بشكل انسيابى، وهو فى طريقة لتسجيل سرعة قياسية، ولا يمكن رؤية زوجته مابيل هابارد بيل **Mabel Hubbard Bell** فى الصورة لأنها كانت تقود هذا القارب ذا السطح الانسيابى.

استمر توماس إديسون بوصفه مخترعًا، لكن إبداعات شبابه تركته بعد عدة سنوات فقط بعد نجاحه فى المصباح الكهربائى، فقد ثروة فى مغامرات تجارية لاستخراج خام المعادن، ثم فى محاولة إنشاء زورق من الصلب، وفى مرحلة ما هيمن على براءات اختراع مهمة فى التصوير السينمائى، ثم قضى بعدم إنتاج أى فيلم أطول من عشرين دقيقة، وكانت النتيجة انهيار صناعة السينما التى كانت مزدهرة حينئذ فى نيوجيرسى

ونيويورك، مع هروب أغلب المخرجين إلى كاليفورنيا البعيدة، وعندما توفى فى ١٩٣١، دعا الرئيس هوفر إلى تعتيم كل الأضواء عبر أمريكا فى الساعة ١٠ بعد الظهر فى يوم جنازة إديسون.

الرجل الذى اكتشف الإلكترون، ج. ج. طومسون، لم يقد سيارة قط ولم يسافر بطائرة فى حياته، ومع ذلك أصبح مختبر كافنديش الذى أداره أعظم مركز للأبحاث التجريبية فى العالم، وقاد إلى اكتشافات أساسية فى البنية تحت الذرية وبعد ذلك بوقت طويل إلى المساعدة فى تحديد بنية الدنا. وفى سن الشيخوخة تعلق بلعب الجولف وحده، وبذلك استطاع التجول فى الأرض الممهدة للجولف باحثًا عن الزهور البرية، وقال لابنه أنه لو كانت لديه حياة ليعيشها من جديد، لاختار أن يكون عالمًا مختصًا فى النبات، "حيث الكثير من الإمكانيات فى البذرة بالغة الصغر [تكون] .... أكثر الأشياء روعة فى العالم".

والولد الشاب الذى كان يعدو صاعدًا على درجات سلم المعهد الملكى وهو مراهق، مايكل فاراداى، كان لا يزال هناك فى أوقات منتظمة أكثر من نصف قرن بعد ذلك. "فى يوم السبت التالى (الثانى والعشرين) سوف أكمل السبعين من عمرى، أجد صعوبة فى التفكير بأننى مسن إلى هذه الدرجة". وعندما لم يكن فى استطاعته بعد ذلك إجراء أبحاث، كان يقضى الساعات يراقب السماء من نافذته، وكان يبتهج بشكل خاص عندما يمكنه رؤية البرق.

من الثروة الطائلة التى حصل عليها من كبل الأطلنطى، عاد سيراس فيلد إلى نيويورك من أجل السكك الحديدية العلوية المربحة فى المدينة، وغدر به شركاؤه فى مجال الأعمال، ثم سرق ابنه كل ما تبقى تقريبًا، وتوفى مفلسًا تقريبًا. وعندما وصل إلى الشيخوخة، كان لدى فيلد حلم متكرر بأن سفنه انتهت من وضع كبل الأطلنطى، ومع ذلك تم تركه وحده على الشاطئ فى أيرلندا، وظل كبل الأطلنطى لعام ١٨٦٦ على قاع المحيط، زمنًا طويلاً منذ التخلى عنه. وأدت الأيونات المسحوبة فى أعماق الأطلنطى، التى سببت تيارات كهربائية ضعيفة أحيانًا، إلى وجود تدويمات عكس التيار داخلها.

السباح الشاب والرياضى وليام طومسون أنهى حياته باعتباره لورد كلفن الحكيم ذا اللحية البيضاء، وباعتباره مؤمنًا قويًا بالدين، لاحظ أن الشمس لم تكن موجودة منذ مدة زمنية كافية للسماح بحدوث التطور البطىء الذى افترضه داروين - إلا لو تم التوصل إلى وجود مصدر طاقة ما وراء ما عرفه هو والفكتوريون الآخرون، قبل وفاته بوقت قصير، أثبت اكتشاف بيكيريل Becquerel للنشاط الإشعاعى ودراسات مارى كورى Marie Curie على خامات اليورانيوم تخميناته المتواضعة.

تم تبنى الاسم الأخير لهاينريتش هيرتز لمصطلح دولى لتردد الراديو، وظهر كرمز Hz على مؤشرات الراديو فى العالم، والفتاة الصغيرة التى وُلدت له فى أكتوبر ١٨٨٧، جوهانا هيرتز، كان عليها أن تهرب إلى ألمانيا فى ثلاثينيات القرن العشرين لأن أباها كان نصف يهودى. وقضت هى وأختها الأصغر السنوات تجمعان وتحرران دفاتر يوميات وخطابات أبيهما للنشر، وأصبح جوليلمو ماركونى ناسكًا، وعاش بشكل كامل تقريبًا على يخته البخارى إليترا المستخدم فى رحلات إلى المحيط، وكان داعمًا ماليًا مهمًا لحزب موسولينى الفاشستى.

بعد نجاحه فى التوسل للحكومة البريطانية ما بعد الحرب لزيادة تمويل مساهماته فى الرادار، غادر روبرت واطسون واط إنجلترا فى نفور وتقاعد فى أونتاريو، وعندما أوقفه شرطى مرور لتجاوز السرعة ذات يوم فى بداية خمسينيات القرن العشرين، وظهر أن قوة الشركة كانت تستخدم صمامات رادار لقياس سرعات السيارات، أصبح الحادث فى عناوين الأخبار حول العالم، دعمته التفسيرات الحماسية لواطسون واط للصحافيين الزائرين، وبقيت مدينة سلوف، التى هرب منها فى ١٩٣٦، بعد الحرب العالمية الثانية، سليمة بما يكفى لكى تلهم بشكل ناجح بالبغض الخلاق لمزيد من أجيال المواطنين البريطانيين. وعندما كان برنامج بى.بى. سى. الساخر "المكتب The Office" يبحث عن المدينة الأكثر رقة لاستخدامها موقعًا للبرنامج، كانت سلوف هى الاختيار الطبيعى.

اضطر هاف دودنج إلى ترك قاذفات RAF بعد نجاحه فى توجيه معركة بريطانيا. فى شيخوخته، اعتقد بأن أرواح موتى طيارى معركة بريطانيا كانت تتصل به من خلال

الملائكة. والكولونيل وولفجانج مارتينى Wolfgang Martini، ضابط الإشارة النازى الذى أخبر القوات الجوية الألمانية أنها تستطيع تجاهل تجهيزات الرادار البريطانية، أصبح ضابطًا محترمًا فى الناتو بعد الحرب، فى خمسينيات القرن العشرين، فى العرض الجوى فى فارنبوروف، قابل إدوارد فينيسى Edward Fennessy، أحد المهندسين البريطانيين المسئولين عن نظام التحذير "السلسلة الوطنية Chain Home". سألته عن سبب عدم هجومهم على محطات الرادار"، تذكر فينيسى، "وقال [المارشال] حسنًا إنها لم تكن تعمل، [أنا قلت] إذن كيف استطعنا تتبع أثر جراف زبلن، وقد انطلق تقريبًا من مقعده، هل قمتم بتتبع أثرنا؟!".

عاد تشارلز و. كوكس، البطل المهمل عن غير قصد لغارة برونفال، إلى ويسبيش، فى إيست أنجليا، وفتح متجرًا ناجحًا للراديو والتلفزيون، أكد نجاح الغارة على البقاء الدائم لوحدات المظليين البريطانية التى كانت تجريبية فى ذلك الوقت، وحملت كتيبة المظلات فى الجيش البريطانى اسم برونفال التى أُدرجت بوصفها أول معركة شرف على رايتها، استقبل المتطوع الرئيسى فى المقاومة الفرنسية، روجيه ديمون Roger Dumont، الذى أخلى الموقع مما جعل الغارة الجوية ممكنة، رسالة متهللة من بريطانيا التى أصدرت بيانًا بعد ذلك مباشرة عن نجاحها، انتهى الأمر بالرسالة إلى اعتراضها وفك شفرتها بواسطة موظفين ألمان. تم التعرف على ديمون، وتعذيبه وقتله، قبل ساعة من إعدامه، كتب إلى عائلته، "كل ما فعلته فعلته بوصفى رجلاً فرنسيًا، ولا أندم على شىء".

انتقل أرثر هاريس، مدير إدارة القاذفات RAF، إلى جنوب إفريقيا ثم عاد إلى إنجلترا، حيث عاش شيخوخة متواضعة، ولأنه عطوف على أحفاده، كان داعمًا كبيرًا لحركة بوى سكوت .Boy Scout

تمت إعادة بناء مدينة هامبورج.

تم أخذ بضعة أجهزة رادارات فورزبورج إلى بريطانيا واستخدمت فى الأبحاث الفلكية، حيث ساعدت فى ابتكار أحد أول خرائط الرادارات للمجرة. والقسيس الذى عارض سياسة هاريس فى وحدة القاذفات، جون كولينز John Collins، أصبح ناقدًا

لسياسة التمييز العنصرى بعد الحرب، واستمر فى المساعدة فى تأسيس حملة نزع السلاح النووى CND.

كتبت أم آلان تورنج سيرة خاصة مطبوعة عن ابنها مباشرة بعد وفاته، لكن سرعان ما تلاشت ذكراه من كتب التاريخ، والحاسب الذى حاول إنشاءه فى منشستر لم يلقى قط نجاحًا تجاريًا كبيرًا، فقط فى سبعينيات القرن العشرين، عندما بدأت إعادة تصنيف أعماله فى بليتشلى بارك، تمت إعادة اكتشافه بواسطة كتّاب السير، واليوم تتم تسمية الجائزة الأكثر احترامًا للإنجازات فى مجال علم الحاسب باسم جائزة تورنج. وهو يتأمل فى حياته، كتب تورنج ذات مرة: "كما أوضحت، لا يطور الرجل المنعزل أى قوة فكرة. من الضرورى له أن ينغمس فى بيئة رجال آخرين، الذين تشرب تقنياتهم خلال أول عشرين سنة من حياته. وربما عندئذ ينجز القليل من الأبحاث الخاصة به".

ترك والتر براتين مختبرات بل للتعليم فى كلية صغيرة فى أوريجون حيث كان فى البداية طالبا فيها فى ١٩٢٠، وظل متواضعًا تجاه إنجازه العظيم، رغم أنه كان قد اقترح ذات مرة أن يستخدم موسيقيو الروك آند رول ترانزستوراته من أجل تضخيم للصوت أكثر مما كان قد خطط له، وانتقل جون باردين إلى جامعة إلينوى واستحق جائزة نوبل ثانية (لأعماله حول التوصيل الفائق)، وهو عالم الفيزياء الوحيد الذى تم تكريمه إلى هذه الدرجة فى أى وقت، بل وظل متواضعًا أكثر من براتين: سأله أحد زملائه فى لعب الجولف مدة طويلة فى الجامعة، بعد عام من اللعب معًا، عن ما إذا كان هذا هو كل ما فعله من أجل الحياة.

بعد فشل مغامراته فى وادى السليكون، تخلى وليام شوكلى عن كل الأبحاث العلمية، ومبتعدًا عن زملائه المحترفين نظرًا لوجهات نظره المتزايدة عنصرية - ومطلقًا من زوجته التى اعتقد بأنها أدنى منه - بدأ يتبرع بحيواناته المنوية لمؤسسة مصممة لابتكار أطفال بيض أعلى وراثيًا.

أصبح آلان هودجكين، عضو جمعية الأصدقاء الشاب الذى أزعجه عجزه عن جمع خلايا عصبية لحبار فى صيف ١٩٣٩، رائد أبحاث حول الأساس الخلوى للبصر،

وتوج سيرة حياته المهنية بأن أصبح رئيسًا للجمعية الملكية، وأصبح زميله الباحث الشاب أندرو هاكسلى رائدًا فى الفيزياء الحيوية، وساهم فى ابتكار الفهم الحديث للانقباض العضلى. فى وقت هذه الكتابة، ظل زميلاً نشيطًا لجامعة ترينيتى فى كمبردج، فى ١٩٣٨ أُرغم اليهودى أوتو لووى على مغادرة أستراليا، وأرغم أيضًا على نقل ماله عن جائزة نوبل إلى بنك نازى. وبعد الترحيب به فى أمريكا، أصبح مواطنًا فى الولايات المتحدة، وفى شيخوخته تمتع كثيرًا بزيارة المتاحف فى موطنه الجديد فى مدينة نيويورك. توفى فى ١٩٦١، بعد أربعين عامًا من حلمه فى عشية عيد الفصح.

السيد أمبير، والسيد فولت، والسيد واط

العالم مصنوع من شحنات كهربائية، وتعمل تقنياتنا من خلال شحنات كهربائية، وحتى أمخاخنا تعمل بشحنات كهربائية. ومع ذلك كيف يمكن قياس تدفق الكهرباء؟ يوجد ثلاث شخصيات تم تخليد أسمائهم بالوحدات المألوفة، أمبير، وفولت، وواط، والتى تصف - وتلخص - ما يحدث داخل كل الأجهزة الكهربائية التى نستخدمها.

الأول كان عالم الرياضيات الفرنسى البروفيسور أندريه - مارى أمبير Andre-Marie Ampere، الذى درس فى ١٨٢٠ الطريقة التى تولد بها التيارات الكهربائية عمليات السحب المغناطيسية، كانت لحظة حياته الوحيدة المُرضية - عبارة محفورة على شاهد قبره: Tandem felix (سعيد أخيراً) - ولكن فى ١٨٨١، بعد زمن طويل من وفاته، تم أخذ كلمة أمبير amp لقياس تدفق الجسيمات المشحونة. فى الدوائر الكهربائية المنزلية العادية، فإنها ببساطة حساب لعدد الإلكترونات التى تمر خلال نقطة معينة فى سلك كل ثانية. عندما يمر ٦ كوينتيليون (٦٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠) إلكترون فى ثانية، فإننا نقول إن أمبيراً واحداً من التيار يتدفق، وعندما ينتقل ١٢ كوينتيليون خلال سلك، نسميه تياراً مقداره أمبيران، تضىء لمبة كهربائية عندما يمر ما يساوى أمبيراً من الإلكترونات - ٦ كوينتليون إلكترون مفرد - كل ثانية. قم بتشغيل جهاز الإشعال فى سيارة، عندئذ يتدفق ما يساوى ٥٠ أمبيراً من الإلكترونات - ٣٠ كوينتليون إلكترون - فى شمعات الاشتعال كل ثانية.

الشخصية الثانية كان الإيطالى النزق أليساندرو فولطا، لقد ابتكر البطاريات التى سمحت لباحثين آخرين بالتحقيق فى القوة التى يمكنها "دفع" كل هذه الإلكترونات عبر سلك، رغم أنه، كما رأينا، لم يكن لديه سوى فهم ضئيل لسبب عمل هذه البطاريات.

ساهمت تفسيرات مايكل فاراداى فى جعل قوة الدفع هذه مفهومة، وأتى المفهوم الأساسى لقياسها من ماكوورن رانكين Macquorn Rankine، وهو صديق لكل من وليام طومسون وفاراداى. كان رانكين قد قضى سنوات وهو يصمم السكك الحديدية للتلال المنحدرة فى أسكتلندا، واستخدم هذه الخبرة للمساعدة فى الوصول إلى تصور لما أسماه "طاقة الوضع". قد لا يكون هناك قطار مرتفع على تل يتحرك بسرعة، لكن يكون لديه الكثير من طاقة الوضع هذه، لأنه بمجرد أن يبدأ فى الهبوط على التل سوف يكتسب سرعة عالية إلى حد كبير جداً.

استخدم رانكين وطومسون هذه الرؤيا لمحاولة النظر فى مجالات القوة التى تخيلا أنها تمتد خارجة من البطاريات والمصادر الكهربائية الأخرى. فى خيالهما، كانت هناك "تلال" غير مرئية يكون فيها المجال قوياً، و"أودية" يكون فيها ضعيفاً. بوضع جسيم مشحون حيث يكون المجال قوياً فإنه يُقذف مبتعداً، مثل ركاب قطار يتفاجأون بسعادة عندما يرون قاطرتهم تسرع هابطة إلى واد صغير منعزل ضيق فى انتظارهم. الـ "فولت" الذى أدركه رانكين وطومسون يجب أن يقيس ببساطة مدى شدة انحدار – وبالتالى مدى قوة – قوة الدفع هذه فى طوبوغرافيا أحد مجالات فاراداى غير المرئية. يقيس أى أمبير مدى كثافة تدفق تيار إلكترونات ما، والفولت هو قوة الدفع – "نزولاً على سفح تل" – التى تولد هذا التدفق.

كان آخر هذه الشخصيات الثلاث هو جيمس واط، وهو أيضًا أسكتلندى عبقرى آخر، وهو القديس الراعى لفواتير الكهرباء. ورغم أنه لم يخترع بالفعل المحرك البخارى، فقد أجرى تحسينات كبيرة عليه، وقرر أن إنجازه الرئيسى قد يكون إقناع ملاك المناجم البخلاء بأن يشتروا فعلاً هذه الآلة الجديدة.

ما كان يحتاج إليه، كما أدرك، هو عرض دون مخاطرة، يوضح أن تخفيضاتهم فى التكلفة من هذه الآلة الجديدة سوف تعادل بل تزيد على تكلفة شرائها. لكن من أجل ذلك كان فى حاجة إلى قياس هذه التخفيضات، وهو ما يعنى أنه كان عليه أن يصل إلى طريقة سهلة التذكر لتلخيص ما تفعله الجياد التى تجر العربات الخفيفة وتقوم بتشغيل المضخات فى المنجم.

ووجد أن الحصان يمكنه جر وزن ٥٠٠ باوند بشكل مستقر تمامًا، وتوصل إلى فكرة "قدرة الحصان": المعدل الذى يستطيع من خلاله حصان متوسط العمل بشكل

منتظم خلال يوم طويل. لو استطاع أن يعرض على صاحب منجم محركًا بخاريًا يكلف أقل من حصان وتغذيته، ومع ذلك يمكنه أن يعمل أكثر من معدل قدرة حصان واحد، عندئذ، كما أدرك، تكون لديه الفرصة أن يحدث رواجًا فى البيع. مع انتشار النظام المترى، تم استبدال مصطلحه الأصلى، بما هو أكثر إنصافًا، بالمصطلح واط. الجياد قوية، وقوة واط واحد تم تعريفها على أنها كسر صغير - فقط نحو جزء من ٧٥٠ - من قدرة حصان واحد. وفى الوقت الحالى لا يستخدم من يعدون برامج الأغانى جيادًا تجر بكرات لإدارة تسجيلاتهم أو تضخ مكبرات الصوت لديهم، لكنهم عندما يقولون إنهم سوف يرفعون قدرة نظام صوت بمقدار ٧٥٠ واطًا، فإنهم يقولون من الناحية الأساسية إن جهازهم يحتاج إلى طاقة تماثل ما قد يقدمه حصان جر واحد. الواط يقيس ببساطة القدرة التى سوف تقدمها فولتات الدفع والأمبيرات التى تعدو.

فى زمن سليل السيد واط وهو روبرت واطسون واط، كان الدفاع البريطانى بالرادار يعتمد على قدرته على حساب كيف يمكن لهذه القدرة التى يتم حسابها بدقة أن تنتقل خلال الهواء. السماء محملة بالشحنات الكهربائية، ومع ذلك مرتبطة ببعضها البعض بإحكام فى جزيئات الهواء حتى إن موجة الراديو القوية، المنطلقة إلى أعلى، قد لا تستطيع سحبها لتنفصل عن بعضها. فقط مجالات القوة الأكثر قوة المنبعثة من سحب العاصفة الضخمة هى التى يمكنها أن تفعل ذلك، لكى تبدأ فرقعة صاعقة برق. لكن هل يمكن لشاع ضعيف لبث راديو أن يكفى لسحب وتحرير على الأقل بعض من الإلكترونات فى طائرة معدنية تحلق.

هذا ما كان على أرنولد ولكينز حسابه فى سلوف فى ١٩٣٥، واستخدم أفكار السيد واط - والتعريف الواضح للواط الذى قدمه التعريف الأصلى لقدرة الحصان - للتحقق من أنه قد يكون هناك، بالفعل، قدرة كافية فقط تنتقل إلى الخارج لجعل هذه الإلكترونات تنقل إشارة رد يمكن رصدها عائدة نحو الأرض. قد تطير القدرة التى تم قياسها بالواط إلى أعلى، وبالتالى قد يظهر حول الطائرة مجال له قوة دفع تقاس بالفولتات، وقد يبدأ تدفق للإلكترونات يقاس بالأمبيرات فى الجناح المعدنى للطائرة - قوى بما فيه الكفاية، وهو ما حسبه ولكينز، لتكوين إشارة الرد التى استطاع الدفاع بالرادار البريطانى أن يعتمد عليها.

ملاحظات

(١) لم يأت اكتشاف فولطا فجأة، لأنه كان يعمل على الأجهزة لنقل أو قياس الكهرباء الإستاتيكية خلال نحو ربع قرن. لكن عندما توصل لويجى جالفانى – مجرد عالم تشريح – إلى ما يبدو مصدراً لكهرباء متحركة، أصيب فولطا شبه الأرستقراطى بالفزع، وانطلقت أبحاثه فى نشاط.

من المثير للدهشة أن فولطا كان مقيداً فى بحثه المهم الذى قدم فيه بطاريته إلى الجمعية الملكية، لكن القصص الحقيقية لتوبيخ المنافسين، وخاصة جلفانى سيئ الحظ (الذى قدم تفسيراً خاطئاً تماماً تقريباً عن ظاهرة ثنائية المعدن) موصوفة بشكل جيد فى "الضفدع الغامض: نزاع جلفانى فولطا حول الكهرباء الحيوانية" لمارسيلو بيرا (برنستون: ١٩٩٢). وتعطى نصوص فارا وهيلبرون فى دليل القراءة لهذا الفصل خلفية أوسع.

(٢) لذرات المعدنين ترتيبات مختلفة للقوة الكهربائية على سطحهما، لكن هذا فقط لا يدفع التيار عبر لسان فولطا. ومع ذلك، فإن اللعاب ماء ملحى إلى حد كبير مما يجعله تفاعلى بما يكفى للاتحاد مع الزنك، بحيث تطفو الشظايا المجهرية من الزنك فى فم فولطا. هذا يعنى أنه بدلاً من الكميات المتوازنة من الشحنة الكهربائية المتبقية على القرص، يبدأ تجمع إلكترونات خام فى الظهور.

بهذه الإلكترونات الإضافية فى موقع على الزنك، يمكن لـ "دفع" الجهد بين المعدنين المختلفين أن يعمل. بل إن حمض الكبريتيك أفضل فى التفاعل مع المعدن لتغذية إلكترونات فى أحد طرفى الانتظار، ومن ثم استخدامه بعد ذلك فى البطاريات.

لاحظ الدور المهم للسائل. الضغط أو "أوم كل ساعة" بين المعدنين – الفولت – يعتمد على طبيعة المعدنين المستخدمين. هذا هو سبب أن للبطاريات فولتاً معيارياً مثل ١,٥ فولت، وسبب أن فولطا كان فى أمان من الصعق بالكهرباء: لا يمكن لقرصيه على هيئة العملة توليد فولت عالٍ. لكن هل طاقة فصل ذرات الزنك، والمد بالإلكترونات للمحافظة على نقلها من معدن إلى آخر، كافية؟ يأتى هذا من السائل المهتاج، الذى يطوق المعدنين – وهذا سبب أن فولطا استمر يشعر بإحساس بالوخز، ما دام يحافظ على العملتين فى فمه.

من المثير للاهتمام، أن حضارتنا لم تكن الأولى التى تستخدم البطاريات. فى ثلاثينيات القرن العشرين، تم العثور على جهاز غريب، ومتآكل، ويشبه الجرة فى العراق وكان بالتأكيد تقريباً بطارية. وهو يعود إلى القرن الثالث الميلادى، وكان له قضيب حديدى عند مركزه، مفصول بشكل متقن عن غمد من النحاس. عندما أعاد تكوينه باحثون فى القرن العشرين ووضعوا فيه خلاً لتبديد المزيد من الشحنات على النحاس، توصلوا إلى أنه ينتج خرجاً ثابتاً مقداره فولت واحد. لكن سيان تم استخدامه ببساطة فى طلاء الجواهر، أو فى الترويع، بإنتاج شرر الشعائر الكهنوتية، لم يستطع علماء الآثار تحديد ذلك.

(٣) تم استخدام الاسم أول مرة لمجموعات حاويات زجاجية مكسوة بالمعدن، أطلق عليها جرار ليدين Ley-den، والتي يمكنها تخزين تراكمات الشحنات الكهربائية الإستاتيكية. (التجميع المتكرر لأشياء متماثلة يمسى غالبًا "بطارية"، كما هو الحال مع بطارية المدفعية). لكن جرار ليدين يمكنها إطلاق صدمة واحدة مفاجئة فقط. كان تركيب فولطا أعظم لأنه أنتج تيارًا ثابتًا.

يعطي زوج واحد من معدنين كمية صغيرة فقط من قوة الدفع التي لاحظها فولطا، لكن توصيل زوج آخر من المعادن مع الزوج الأول يضاعف التأثير، وتوصيل زوج ثالث يجعل التأثير ثلاثة أضعاف. يوضح الرسم التوضيحي الذي ألحقه فولطا ببحثه للجمعية الملكية عشرات من أزواج المعادن موصلة بالأسلاك، ولبطارية السيارة الحديثة طبقات مماثلة. يوضح "فولطا: العلم والثقافة في عصر التنوير" لجوبليانو بانكالدي (بينستون، نيوجيرسي: مطبعة جامعة برينستون ٢٠٠٣)، ٢٤٦-٤٨، السيطرة التدريجي لكلمة بطارية على عبارات منافسة مثل حوض أو خلية (الأخيرة استمرت في مصطلحنا خلية الوقود).

(٤) كان المبتكر هو دافيد هافيس David Hughes، مهندس أمريكي يعيش في لندن، واستخدم العربة لحمل الهاتف "النقال"، الذي كان يولد طقطقات مسموعة عندما يلتقط شرارات تم توليدها على بعد خمسمائة ياردة. هناك نسخة للأصل في متحف العلوم في لندن.

(٥) يمكنك رؤية الانفجار الكبير في التليفزيون الآن. كان هناك جزء صغير جدًا فقط من الإشعاع يتحرك بعنف خلال الفضاء في اللحظات المبكرة للكون تم استخدامه في توليد جسيمات مشحونة التي تشكلنا منها. وظل أغلبها يطير متحررًا، وحيث إنها ببساطة إشعاع كهرومغناطيسي، مشابه لإشعاع البث التليفزيوني، فإننا نلتقط بعضًا منها أينما تم ضبط جهاز تليفزيون بين المحطات – ربما بتوليد من ١ إلى ٥ في المائة من إستاتيكية تشبه الثلج تملأ الشاشة.

(٦) وظف مورس سرًا رئيس لجنة الغرفة التجارية، فرانسيس أ. ج. سميث Francis O. J. Smith من مين Maine، واعدًا إياه بفوائد مادية لو قدمت اللجنة التقرير المطلوب. بعد ذلك بوقت قصير قدمت اللجنة تقريرها المشجع، وتقاعد سميث واحتل موقع شريك مورس. وأصبح ثريًا من إجازات الاختراع لمورس، ومن التمويلات الحكومية التي كان قد صوت لها فحسب، ثم ترك خدمة مورس وحاول أن يصبح أكثر ثراءً بالابتزاز التهديدي لمورس.

(٧) كان هناك الكثير من المخترعين النشطاء في هذا المجال، ليس أقلهم قدرًا إليشا جراي Elisha Gray سيئ الحظ، الذي قدم مستندات براءة اختراع بعد ساعات فقط من تقديم بيل. رغم ذلك، لم ينزعج جراي كثيرًا لأنه شك في أن تكون الآلة المتكلمة مجرد تشتيت عن بحثه الرئيسي حول الهواتف. حتى بل كان مرتبكًا، على الأقل لبعض الوقت، وأوضح للمستثمرين أن ما ابتكره كان مجرد آلة تلغرافية لا تحتاج إلى خبراء لترجمة إشاراتها.

(٨) الرنين الذي نسمعه عندما نهاتف شخصًا ما لا يأتي من هاتف الشخص الذي نطلبه. إنه بالأحرى إشارة تم إرسالها إلينا من محطة التشغيل المركزية لإعطائنا انطباعًا بأننا نستمع إلى ذلك الهاتف. هي خدعة تعود إلى الأيام الأولى لمقسمات الهواتف المركزية. (لو أن الإشارتين وقعتا خارج التزامن، يتلاشى الوهم، هذا عندما يسمع الشخص على الطرف الآخر للهاتف رنينًا ويجيب قبل أن نسمع الصوت).

(٩) كان إديسون رجلاً عديم الضمير لكنه كان مهندسًا بارعًا. كانت طريقة تحسينه لتيار البطارية أنه وضع عائقًا فى طريقها: صندوق بالغ الصغر، ملىء بحبيبات كربون مسحوقة.

عندما يتحدث أحد بصوت مرتفع فى مثل هذا الهاتف، تنتفخ حبيبات الكربون بإحكام مع بعضها البعض. لكن عندما يلتصق الكربون ببعضه البعض بهذا الشكل، تنتقل التيارات الكهرائية عبره بطريقة أكثر سهولة – فكر فى مدى سهولة التقدم عبر ركائز تقترب فجأة أكثر من بعضها البعض. فقط عندما يعود صوت الإنسان ليصبح أكثر خفوتًا تتوقف حبيبات الكربون عن أن تكون مضغوطة بهذا الإحكام الشديد. يصبح الكربون فى الصندوق غير مسحوق ومفكوك من جديد، ومن ثم يمر تيار بطارية أقل بكثير. استمر استخدام اختراعه لقرن تقريبًا.

(١٠) ولو لم يكن مشغولاً إلى هذا الحد، ربما كان من الممكن بالفعل أن يخترع التليفزيون. البقعة السوداء التى رآها إديسون جاءت من تيارات مستمرة من الإلكترونات تفور خارجة من السلك الرقيق للمصباح الكهربائى لديه. وكان قد توصل بالفعل إلى أنه يستطيع جزئيًا التحكم فى الشعاع بوضع القليل من ورق القصدير خارج الزجاج، ولو أنه تقدم أكثر من ذلك ووضع مغناطيسات بجانب المصباح، لكان قد وجد الإلكترونات وقد تم سحبها من جانب إلى آخر بالمجال المغناطيسى، وتلك كانت التجربة التالية التى أجراها ج. ج. طومسون J. J. Thomson. وحتى بتقنيات القياس المحدودة لديه، كان من الممكن لإديسون أن يلاحظ البقع السوداء التى تظهر فى أماكن مختلفة، لو أنه جرب مواد كساء مختلفة على الزجاج، لكان قد رأى ألوانًا مختلفة تظهر وتتوهج.

هذه هى بالضبط تقريبًا طريقة عمل أجهزة تلفزيون شعاع الكاثود التقليدية أو شاشات الحاسب. يتم قذف شعاع من الإلكترونات من خلف أنبوب يكون من الناحية الأساسية مصباحًا كهربائيًا، وعندما يصطدم بجزيئات حساسة تغلف زجاجًا أمام الأنبوب، ينتج عن طاقة الإلكترونات التى تحملها توهج هذه الجزيئات. لتوجيه هذه الإلكترونات وتوليد صورة متحركة وليس مجرد كومة واحدة من البقع، تسحب مغناطيسات على كلا جانبى الأنبوب شعاع الإلكترونات من جانب إلى آخر، لكى تتلاءم الإشارات بشكل دقيق تلك التى يكون المذيعون قد أرسلوها.

(١١) قامت الكهرباء الإستاتيكية بتشغيل القنبلتين الذريتين على اليابان.

فى أغلب الذرات، يمكن للشحنات الكهربائية القوية داخل نواة أن تندفع مبتعدة عن بعضها البعض. هذا بسبب ما يسمى القوة النووية الشديدة التى تعمل مثل غراء قوى، تمسك بها مع بعضها البعض. لكن القوة النووية تكون قوتها نحو مائة ضعف فقط من قوة الكهرباء. كلما اقتربت ذرة من وجود مائة بروتون فى نواتها، يتم تحلل هذا الغراء بسهولة. ذرتا اليورانيوم والبلوتونيوم لهما هذا الحجم تقريبًا، لذلك من السهل نسبيًا شطرها.

فى القنبلة التى انفجرت فوق هيروشيما فى ١٩٤٥، تم بشكل مفاجئ إطلاق الشحنات فى نواة اليورانيوم التى كانت متماسكة معًا منذ مليارات السنوات. وللحظة بالغة القصر، لم يعد هناك ما يمسك بالتنافر الكهروستاتيكى بين البروتونات، وتمت الإطاحة بمدينة كاملة عندما تطايرت منفصلة عن بعضها البعض.

(١٢) التفاصيل النهائية حديثة، لكن رؤية القوة المضطربة غير المرئية أمر قديم. كتب وليام جيلبرت، عالم الفيزياء فى بلاط الملكة إليزابيث الأولى، أن سبب أن الكهرمان الذى يتم حكه يمكنه جذب ريش، هو أنه تمت إزالة "أحد الأخلاط humour" من الكهرمان، مما أدى إلى "انبعاث أبخرة effluvium" تطوف حوله. تبدو الكلمتان غريبتين، لكنهما تحلان محل كلمتى شحنة charge ومجال field، لذلك لعله كان يقول بأنه تمت إزالة الشحنة من الكهرمان عندما يتم حكه، وأن النتيجة هى مجال متغير حوله – وهو ما نعتبره بالأحرى افتراض يسهل فهمه. من أجل وجهات النظر المتغيرة لدى فارادى شخصيًا حول ما يمثله المجال، انظر اقتراحات لقراءة إضافية فى الفصل ٤.

(١٣) أو، فى بعض الأحيان، أقل مما يوصف بأنه مؤدب. كتبت مجلة "أثينيام Athenaeum" أن على فارادى أن يعود للدراسة فى فصل الرياضيات قبل المغامرة فى عمق بحار الفيزياء الحديثة، ولاحظ عالم الفلك الملكى بالغ التشامخ، السير جورج بيديل آيرى George Biddell Airy، أن "يصعب عليّ تخيل أى شخص يعرف عمليًا ورقميًا" تخيل أى شخص يعرف عمليًا ورقميًا [النظرية الكهربائية الحديثة لكى يقبل] أى شيء على هذه الدرجة من الغموض والتغير مثل خطوط القوة".

كان لدى آيرى عادة الاستخفاف بمن هم أدنى منه. بعيدًا عن الملاحظة الهامشية فى كتب التاريخ عن فقد أعمال فارادى، كان لديه هو أيضًا ملاحظة هامشية عن فقد اكتشاف كوكب نبتون مرة أخرى، حيث كان عالم ذو خلفية غير مقبولة قد أبلغه بدليل عن مداره المتوقع، وهو ما رفض فحصه كما ينبغى.

(١٤) بلغة الهندسة الكهربائية تكدست الطبقات المختلفة من الكبل والمياه المالحة سلسلة من "المكثفات" – أى يكون هناك سطحان موصلان منفصلان، يحاول كل منهما جذب بعض من التيار والشحنة. كان هذا هو الذى ينتج التشوه فى الإشارة، حيث إنه مع تحويل الكثير جدًا من التيار المحمل إلى الطبقة الحديدية الخارجية الرقيقة للكبل، يمكن فقط لإشارة ضعيفة تنتشر إلى الخارج أن تمر خلال القلب النحاسى الرئيسى.

(١٥) مع نهاية المشروع، كان طومسون يرسل رسائل تلغراف عبر الأطلسى مستخدمًا فقط ملء كشتبان وقطرة واحدة من حمض الكبريتيك. كان فى استطاعته تخفيض شظيتين مختلفتين من المعدل فى الكشتبان، جاعلاً الحمض يتفاعل مع واحد منهما فقط لتوليد تكدس إلكترونات (تمامًا مثل تفاعل لعاب فولطا مع القطعتين النقديتين على لسانه)، ثم يوصل ذلك إلى كبل عملاق تحت البحر. كانت شظية المعدن بالغة الصغر، لكن الإلكترونات تظل أصغر بكثير، تراكمت مليارات عدة من الإلكترونات الإضافية بسرعة على المعدن المهتاج. من هذا "الركام" غير الكافى من الإلكترونات المشحونة، يكون مجال القوة من القوة بحيث يعبر المحيط مندفعًا بسرعة إلى الأمام، دافعًا الإلكترونات المنتظرة فى مستقبل تلغراف على بعد ألفى ميل.

(١٦) فكرة المجالات أساسية، لكن مصطلح "الفولت" – لوصف القوة أو "الحيوية" التى تندفع بها الإلكترونات فى التيار – ملائم إلى أقصى حد. يهتم الملحق عن السيد فولط بذلك، لكن لفهم العلاقة بمزيد من التفاصيل، انظر من جديد ما يحدث عندما تمد طرف إصبعك بالقرب من قضيب معدنى فى يوم جاف بعد أن تكون قد جررت قدميك بشكل متهور. يعتبر الهواء بين إصبعك والمعدن عازلاً عادة، حيث هناك بالكاد إلكترونات حرة متوافرة لحمل تيار فى الهواء العادي. لو حافظت على إصبعك بعيدًا عدة بوصات عن المعدن لن تصاب بصدمة، لكن لو جعلت إصبعك أكثر اقترابًا من المعدن، تكون قد قمت بعمل ما،

ومن كل هذا الجهد الذى بذلته تكون قد دفعت الشحنات على إصبعك بشكل أقرب إلى خطر المعدن المتوهج. يكون المجال أكثر كثافة حول إصبعك الآن، لأنه مركز فى الفجوة الأكثر ضيقًا بينك وبين المعدن القريب.

افترض أنك اقتنصت الشحنة الزائدة من إصبعك فى ذلك الحين، ثم رفعتها متأرجحة فى موقعها، هذا الجزء من البوصة بعيداً عن القضيب المعدني. حيث إن المجال قوى هنا، فقد يرسل شحنة عائدة إلى حيث تكون. يقيس "الفولت" هذه القوة المندفعة، وهو الفرق فيما يمكن أن يحدث.

لو أن السلك فى منطقة لا يتغير المجال فيها، يكون هناك أمان مثير للاهتمام. هذا سبب أن أى طائر يمكنه الوقوف فى أمان على خط طاقة مرتفع الفولت. عندما تكون كلتا قدميه على سلكين من نفس الفولت، لا يكون هناك فرق بين الجذب الذى يمكن أن تعطيه مجالات القوة المصاحبة للإلكترونات فى جسمه. مع ذلك، دع الطائر يمد قدمًا واحدة إلى سلم ألمنيوم يلمس الأرض، سوف ينتج انفجار مفاجئ لدجاج مشتعل منقوع بالكحول.

(١٧) تنتقل الإلكترونات الفردية بسرعة، لكن حيث إنها تثب مرتدة فى كل الاتجاهات تحصل بالكاد على تقدم صاف إلى الأمام. فقط لو تم قطع سلك وصار مفتوحًا وانطلقت الإلكترونات بطريقة ما، قد نرى سرعتها الحقيقية، حيث قد ينتقل الكثير منها بسرعة كافية للانطلاق مباشرة خارجة من الغلاف الجوى إلى الفضاء الخارجي. ما يفعله مجال قوة من قابس الحائط لديك فى داخل سلك هو ضمان أن أغلبية الاصطدامات عالية السرعة تتزاحم إلى الأمام فى نفس الاتجاه.

(١٨) نخلق ونطلق موجات كهرومغناطيسية طوال الوقت. إذا صففت شعرك بالمشط فى يوم جاف سوف تنتزع عدداً صغيراً من الإلكترونات من شعرك. وتتكدس على المشط، ولو أرجحت المشط ببطء معتدل رشيق الحركة، مستغرقًا خمس ثوان لأرجحة المشط المشحون إلى اليمين، ثم خمس ثوان أخرى لأرجحته عائداً إلى نقطة البداية، سوف يكون لديك موجة منطلقة تتقدم بداية جبهتها عن خلفيتها بعشر ثوان. تنتقل الموجة بسرعة ١٨٦ ألف ميل فى الثانية، لذلك فإنها فى الثوانى العشر من إجراء التصفيف الرشيق تكون قد أوجدت موجة منزلقة تمتد إلى أعلى فى الفضاء الخارجي وطولها ١٨٦٠٠٠٠ ميل.

أجهزة الإطلاق الأخرى يمكن العثور عليها حول البيت. لو أنك غسلت كلبك فى يوم جاف، وقمت بمسحه وتنشيفه بحيوية، من المرجح أن تتكدس قليلاً شحنة كهربائية على ذيله. عندما يهز الكلب ذيله سعيداً، ليكمل دورة إلى الأمام وإلى الخلف فى نصف ثانية فقط، فإنه يولد موجة كهرومغناطيسية تمتد ٩٣٠٠٠ ميل (أى نصف مسافة ١٨٦٠٠٠) من المقدمة إلى المؤخرة. تلك الموجة المندفعة غير المرئية سوف تصل إلى القمر فى أقل من ثانيتين، وسوف تصل إلى مدار زحل فى أقل من ساعة، وسوف تخرج المنارة التى أطلقها الكلب من المجموعة الشمسية بعد بضع ساعات، وتستمر فى الاندفاع.

(١٩) لو أن هز أى جسيم مشحون يمكنه بث هذه الموجات، لماذا لا ترسل حركة الإلكترونات فى أى حاسب مثل هذه الموجات؟ الإجابة أنها تفعل ذلك: ليس بكل هذه القوة، وبذبذات متغيرة عالية، لكن هذا هو أحد أسباب وجود مضيفات جوية فى الخطوط الجوية للتحقق من أن أحداً لا يستخدم حاسبًا شخصيًا محمولاً فى اللحظات الحساسة عند الإقلاع والهبوط. قد تنطلق المجالات المتموجة المنطلقة من الحاسبات المحمولة أو أى جهاز آخر مماثل - خاصة المجالات المتموجة من المعالجات النشطة داخل هذه الأجهزة - على طول الطائرة وتجعل الجناح يرتد، مما يؤثر على أجهزة التحكم لدى الطيار.

(٢٠) لكن ذلك لم يستمر طويلاً. أصيب أمناء المحفوظات فى كل مكان بكرب، بعد رفع واط إلى رتبة فارس فى ١٩٤٢، حيث غير اسمه الأخير، وأصبح مزدوجًا واطسون – واط. وكان فريدريك ليندمان Fredric Lindemann لايزال مشغولاً فى إحدى هذه الهيئات البريطانية الخاصة، كانت فى حالته هذه من خلال مساعدة ونستون تشرتشل Winston Churchill، وأصبح المسمى بصورة تؤثر فى النفس اللورد تشيرويل خلال الحرب. لتسهيل المرجعية، ارتبطت بالأسماء الأولى كليًا.

(٢١) يعود نموذج غاز الإلكترون للمعادن – إلى أعمال بول درود Paul Drude، الذى كان يعمل فى ليبزج فى ١٩٠٠، وكان قد أصبح متقادمًا منذ زمن بعيد وقت استخدام ويلكنز وواطسون واط له، وكانا يعرفان أنه "خطأ" – ليست الذرات مجموعات شمسية صغيرة، وليست الإلكترونات كواكب صغيرة.

لكنهما كانا مستمرين فى استخدامه، حيث إن نظرية درود خاطئة تمامًا بقدر ما كانت غير مكتملة. يحدث هذا كثيرًا فى الفيزياء. تتم رؤية نطاق أكبر، حيث يتم إدراك أن النظرية السابقة حالة خاصة. لكن بقدر استمرارك فى حدود النطاق الأصغر، ستظل المسائل والتصورات القديمة الآتية من هذا النطاق قابلة للتطبيق بشكل صحيح. قوانين الحركة لنيوتن، على سبيل المثال، لا تزال جيدة بما يكفى بالنسبة لبيئتنا العادية، حتى رغم كونها بالفعل حالة خاصة من نظرية أينشتاين النسبية الخاصة الأكثر ثراءً. فهى تعطى نتائج صحيحة، ما دام بقينا بعيدًا عن مملكة السرعات التى تقترب من سرعة الضوء. بطريقة مماثلة، يمكن استخدام ثلاثيات triads موتسارت البسيطة بواسطة المؤلفين المعاصرين، حتى رغم أن ديبوسى ومن ثم، حتى ما هو أكثر، الأعمال العظيمة فى الجاز الأمريكى قد فتح نطاقًا محتملاً من الأنغام الثلاثية المنسجمة chords بعيدة تمامًا عن ما تخيله موتسارت فى أى وقت.

حول أصول نموذج درود للنظرية الحركية للغازات، انظر والتر كايسر Walter Kaiser، "نظرية غاز الإلكترون للمعادن: الإلكترونات الحرة فى كتلة المادة"، فى "تاريخ الإلكترون: ميلاد الفيزياء المجهرية"، من تحرير جيد ز. باشوالد Jed Z. Buchwald وأندرو وارويك Andrew Warwick (Cambridge, MA: MIT, 2001), 255-303.

(٢٢) هذا هو سبب عمل المرايا. الضوء العادى موجة تشبه كثيرًا تلك المرسلة من أبراج رادار السلسلة الوطنية البريطانية، ولكن بطول موجة أقصر وأعلى طاقة. عندما يضرب شعاع ضوء متكون من هذه الموجات غشاءً معدنيًا على ظهر قطعة زجاج، تبدأ الإلكترونات الحرة هناك فى الاهتزاز.

ومثل كل الشحنات الكهربائية المتدافعة، تبدأ هذه الإلكترونات فى بث موجاتها الخاصة بأسلوب فاراداي. لو أن خلفية الزجاج خشنة وغير مصقولة، ينطلق البث فى كل الاتجاهات ولا نرى سوى غبش قاتم. ولكن إذا كانت خلفية المرآة بالغة النعومة، ينطلق البث على هيئة أنماط طيران فخمة بجانب كل منها الآخر، حاملة نسخة قريبة من الصور الأصلية التى انطلقت داخل المرآة. ابتسم أمام مرآة، سوف تنطلق وفرة من عمليات البث لرادارات بالغة الصغر، تندفع من ذرات المعدن المهيب عائدة من هناك، وهو ما تراه وقد عاد إليك مبتسمًا.

(٢٣) "عندما جلست مع روو لابتكار اسم للنظام... قلنا لنفسينا "هيا نفكر فى شيء ما لا يخفى الحقيقة تمامًا ولكن يوحى بكل تأكيد بما هو خطأ... واقفنا على الحروف الأولى R.D.F لـ [العثور على اتجاه الراديو radio direction finding]..." واطسون واط، "نبض الرادار"، ١٢٣.

من المحتمل أنه استطاع وروو اختيار أسوأ اسم شفرة، لكن كان عليهما بذل مجهود. عندما توصلا إلى الاسم الغطاء، كانا متأكدين إلى حد ما بأن الأوسلوسكوب الخاص بهما لن يكون من الجودة بحيث يمكنه التعرف على وجهة اتجاه الطائرة. بعد وقت قصير من اختيار هذه التسمية، رغم ذلك، تشير التقنية المتحسنة إلى أن المحطات البريطانية بدأت إحراز نتائج اتجاه دقيقة. أصبح اسمهما السرى دليلاً تثقيفيًا مدويًا.

(٢٤) هناك سليل قريب لمواقع رادار wurzburg فى مطابخنا الآن، عندما تكون الموجة المتولدة عن جهاز إرسال رادار جزءًا ضئيلاً أصغر – بوصتان أو ثلاث تعتبر نموذجية – سوف يسبب شعاع الرادار هذا لجزيئات الماء التى يضربها أن تتبخر. رأى بعض الباحثين ما بعد الحرب أن هذه العملية قد تكون مفيدة فى إصلاح إطار العجلة المطاطى، لكن أسواق أخرى كانت مغرية. تُعرف الموجات ذات الطول ثلاث بوصات بأنها ميكروويف – وهكذا ظهر فرن الميكروويف.

حيث إن الفرن يظل جهاز إرسال رادار، فإن أى إلكترونات حرة يضربها يتم سحبها إلى الأمام والخلف بقوة كافية لجعلها تطير متحررة بل وحتى تبدأ فى إحداث شرر. هذا هو سبب أن وضع المعادن – التى تكون مشحونة بالمزيد من الإلكترونات – داخل الآلات غير موصى به.

(٢٥) لماذا وافق الكثير من الموظفين هاريس؟ جزئيًا كان ذلك يعود إلى أن القصف المحكم لم يكن ناجحًا، ففى أواخر ١٩٤١، على سبيل المثال، كان هناك خمس فقط من كل الغارات هى التى نجحت فى إلقاء قنابل فى هدف خمسة وسبعين ميلاً مربعًا. وجزئيًا كان الزخم الكبير لابتكار كل أسراب القاذفات هذه، ومصانع الطائرات وأطقم الطيران المدربة – حيث من الذى يستطيع تبرير عدم محاولة استخدامها المزيد فقط ولو قليلاً؟ لم تكن موضع حديث ذكريات الحرب العالمية الأولى التى تخطيتها، والتى كان هاريس قد فاض عليها، والشعور القوى بأن أية غارة جوية كانت أفضل من إرسال جنود بريطانيين إلى أرض المعركة فى قارة أوروبا من جديد.

عندما كانت تلك الحجج مفتقدة – وما كان يثير حنق البحرية الملكية والأفرع الأخرى من الخدمات المسلحة البريطانية – أن الموارد التى خصصت للقصف لم يكن من الممكن استخدامها فى أى شيء آخر. كمية ضخمة من إجمالى الإنتاج القومى البريطانى زمن الحرب كانت مخصصة لإدارة القاذفات، ولم يكن الكثير متاحًا لمزيد من المدمرات، والمدفعية، وطائرات النقل وأى شيء آخر.

(٢٦) التسجيل من غارات على إسين Essen فى الليلة التالية. ليس هناك مدونات أو تسجيلات لطاقم الرادار الأرضى باقية من ليلة هامبورج. انظر David Pritchard, The Radar War (Wellingborough, Northamptonshire, England: P. Stephens, 1989), 213.

(٢٧) لم يكن المدنيون الألمان منشغلين بالرعب بمجرد اختفاء قاذفات القنابل. بعد غارة شديدة مماثلة على كولون، قادها هاريس أيضًا، جعلت الحكومة النازية كل الناجين يوقعون على التعهد التالي: "أنا مدرك أن فردًا واحدًا لا يمكنه الحصول على فكرة شاملة عن الأحداث فى كولون. الشخص يبالغ عادة فى تعبيراته وأحكامه الخاصة حول أن من تم قصفهم أصيبوا بالعجز. أنا لذلك مدرك أن تقارير المعاناة الفردية يمكن فقط أن تكون ضارة، وسوف أظل صامتًا. أعرف التوابع التى ستنتج عند التخلى عن هذا التعهد". من دريسدن، الثلاثاء ١٣ فبراير ١٩٤٥، لفريدريك تايلور (لندن: بلومسبارى ٢٠٠٤) صفحة ١٢٨.

(٢٨) كلمة "عن بعد teleporting " يتم استخدامها كثيراً لوصف العالم الكمي. لكنها توحي بأن الأشياء التي يتم وصفها هكذا لها كيْنونة مستمرة قبل وبعد "وثباتها" - والمعتقد الأساسي لميكانيكا الكم هو أن مثل هذه التعريفات مستحيلة جوهريًا على مستوى موضوع نقاشنا.

المفاهيم التي يمكن أن تكون مربكة حتى بالنسبة للاختصاصيين، والقراءات المرشدة لهذا الفصل قد تخفف بعض الشيء من الارتباك.

(٢٩) تلك قاعدة باولي الحصرية، ولا يكون التأثير قويًا في السرعة الخطية كما هو بالنسبة للطاقة الكلية لدى الإلكترونات. حيث الشيء الغريب بالنسبة للإلكترونات هو أن إلكترونين لا يمكن أن تكون لهما نفس الطاقة، كما لا يمكن لشخصين أن يحتلا نفس النقطة في الفضاء. لو أن إلكترونًا واحدًا كان يحتل بالفعل حالة طاقة خاصة، يمكن بالفعل منع إلكترون آخر من الحركة متجاوزًا إياه - مثل إغلاق درجة من سلم.

تعتبر قاعدة باولي بالغة القوة، لأن الذرات فارغة بالكامل تقريبًا، ودون هذا القيد على طريقة تراكب الإلكترونات، قد نواجه صعوبة. حتى عندما تضرب بأناملك مائدة كما لو أنها طبلة إيقاع لقضاء الوقت دون غرض ما، قد ترحل الفضاءات الفارغة الضخمة في ذرات إصبعك مباشرة خلال الفضاء الفارغ الكبير في ذرات المائدة لو لم تكن هناك قاعدة باولي.

قد تبدأ قدماك في الغوص في الأرضية، كما قد يسقط ردفاك خلال المقعد. قد تكون هناك لحظة قصيرة لعودة الظهور - عندما يسقط جسدك في المجال الجوي لأي حجرة أسفله - لكن عندما تصل إلى أرضية هذه الغرفة، تكون قد تم تخللك من جديد، وهي عملية قد تستمر إلى أعماق كبيرة بشكل مقلق في الكوكب أسفلك.

هذا هو سبب أن حياتنا بكاملها يتم قضاؤها، بأمان، حائمين. نحوّم على الأرضية ونحن نسير، ونحوّم على المقعد عندما نجلس. حتى من يكرس وقتًا طويلاً أمام التلفزيون، وهو يرتخي بكسل بقدر الإمكان على أريكة، يكون مدعومًا إلى أعلى بواسطة عجائب ميكانيكا الكم: يتم الاحتفاظ بجسده طافيًا بواسطة مقاومة إلكتروناته التي تشارك في الكثير جدًا من حالات الطاقة مع تلك الموجودة في الأريكة. يعتبر Charles P. Enz`s No Time to be Brief: A Scientific Biography of Wolfgang Pauli (Oxford, England: Oxford University Press, 2000) ممتازًا كخلفية حول باولي. للمزيد من الموضوعات المرتبطة بالإلكترونات الافتراضية التي "تنطلق" من الإلكترونات وتساهم في المحافظة على انفصالنا، انظر Richard Feynman, QED: The Strange Theory of Light and Matter (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1985). ومن أجل الدور المثير لباولي في الوقت الحاضر في سنوات تشكل QED، مع Enz، انظر Silvan Schweber, QED and the Men Who Made It (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1994).

(٣٠) الشيء العظيم في التعليم في المدارس [الخاصة] كما قال تورنج، "هو أنه فيما بعد، مهما كنت بائسًا، فإنك تعرف أن الأمر لن يكون بكل هذا السوء أبدًا مرة أخرى". (ما يطلق عليه الأمريكيون المدارس الخاصة يسميه البريطانيون المدارس العامة). هذا المقتطف من Andrew Hodges, Alan Turing: The Enigma (London: Vintage, 1993).

(٣١) حتى ذلك الوقت، كان على تورنج وكل الباحثين الآخرين العمل بالتقنية الوسيطة لأنابيب مفرغة ("صمامات" فى المصطلح البريطانى). تلك كانت من الناحية الأساسية مصابيح كهربائية مصفرة، مع أسلاك إضافية أو خيوط شبكية معدنية داخلها لجذب الإلكترونات المنطلقة من سلك رفيع تم تسخينه وتسريعها إلى أعلى. كان هذا جيداً لجعل الإشارات الضعيفة أكثر قوة، لكن الأنابيب المفرغة كانت أجهزة بائسة للعمل بها.

لم تكن الأسلاك الرفيعة تطلق الكثير من الإلكترونات، لذلك كان هناك انتظار طويل بينما يتم تسخين الأنابيب (وهذا هو سبب أن الأجهزة الكهربائية كانت تحتاج "تسخيناً"). كان يجب أن يكون الزجاج حول الأسلاك الرفيعة محكماً ضد تسرب الهواء، وهو ما يعنى أن الأنابيب تكون ساخنة جداً عادة، وأن الأسلاك الرفيعة بالغة الصغر تتداعى أيضاً. وكان أى شخص يستخدم الأنابيب المفرغة يعرف أن عليه الاحتفاظ بصناديق ضخمة أيضاً من الأجزاء الاحتياطية سهلة الاستعمال. وكما أوضح جون بيرس John Pierce – الذى سك فيما بعد كلمة ترانزستور – "الطبيعة تمقت الأنبوب المفرغ".

(٣٢) كانت بالفعل جماعة "حل الشفرة". والشفرة هى نظام تبديل مباشر، حيث يتم استخدام كلمة محل كلمة أخرى، كما هو الأمر مع شفرة طفل حيث، على سبيل المثال، يتم استبدال "وفرة قومية مفرطة" أينما وُجدت كلمة "شجيرة". تحتوى الشفرة على تبديلات أكثر تعقداً من العناصر، التى تتراوح بين الجهود المبكرة ليوليوس قيصر، حيث كل حرف من الأبجدية اللاتينية يحل محله حرف يحتل موقعاً بعده بثلاثة أماكن فى الأبجدية، وهى جهود أكثر تعقداً، حيث تنتج تبديلات عن التروس متبادلة الاتساق المعقدة. للتبسيط اتبعت استخداماً ملائماً، حيث يتم استخدام كلمة شفرة لتغطية كلا النوعين.

هنا يوجد التفاف بارع. دون الراديو، لم تكن توجد بليتشلى بارك، حيث إنه كان يحدث قبل الراديو أن يتم إرسال الرسائل العسكرية مباشرة إلى أهدافها المقصودة، ولا يمكن للغرباء الاستماع إليها ببساطة بوضع هوائيات ضخمة. ولكن دون بليتشلى بارك، متى كانت ستوجد الحاسبات؟ هذه هى الطرق غير المتوقعة حيث تغذى الكهرباء تطورها الخاص الأبعد – ينجب الراديو مراكز حل الشفرة، وهذه المراكز تساعد فى إنجاب الحاسبات.

(٣٣) كانت آلة كولوساس فى ١٩٤٣ تستطيع أن تختبر بسرعة حلاً محتملاً لنص مشفر، لكن كان يجب إعادة تجهيزها يدوياً. تمت صناعة نوع متطور بعد ذلك بوقت قصير فى بليتشلى – وركزت ضغوط زمن الحرب عقول مدراء تنفيذيين بشكل مدهش – واستطاعت تلك الآلة تغيير تشفيرات الهدف الذى تتناوله دون إعادة تجهيز من الخارج. لكن رغم أن هذا كان يعنى أنه قد أصبحت هناك الآن آلات يمكنها تبنى اختيارات بشكل آلى، كانت لا تزال غير قابلة للبرمجة بشكل كامل، ولم يكن فى استطاعتها أيضاً تخزين برامج.

كان تورنج مشاركاً هامشياً فقط فى إنشائها، لكن الذى بدأ جزءها الأكبر فكان ماكس نيومان، الذى كان أحد المحاضرين له فى كمبردج، وكان يتم إعلام تورنج باستمرار بالأعمال التى تتم فى هذه الآلة.

(٣٤) رغم أن تقنية الترانزستور جاءت من أمريكا، لعل تحولها المنطقى قام على أعمال عالم الرياضيات الإنجليزى فى منتصف القرن التاسع عشر جورج بول George Boole، الذى تحمل مسؤولية تشفير كل تفكير منطقى من المحتمل وجوده. لا يمكن اعتبار مثل هذا الاستحواذ غريباً فى بعض الدوائر الإنجليزية الرفيعة حتى يومنا هذا، لكن المثير للاهتمام أنه نجح فى ذلك.

كتب بول نتائجه على شكل معادلات بسيطة، وهو ما جعل له صلة بالحاسبات. حيث إنه لو تم توحيد عبارتين صحيحتين، فإن النتيجة ستكون عندئذ صحيحة أيضًا، وكتب ذلك على هيئة T+T=T. ولو تم توحيد عبارة صحيحة وأخرى خاطئة، عندئذ تكون النتيجة خاطئة - وكتبها على هيئة T+F=F.

يبدو الأمر محيرًا، كحساب تفصيلي واضح، من النوع الذى يمكن للويس كورول فقط أن يقدره، بل وأصبح أكثر مدعاة للحيرة عندما كتب بول "١" لـ "صحيح" و"٠" لـ "خاطئ". فى هذا النظام تصبح المعادلتان السابقتان ١+١=١ و١+٠= ٠ وهذه شفرة ثنائية.

أحب المنطقيون ذلك، وتجاهله العالم العادى، لكن فى ١٩٣٧ أدرك كلاود شانون Claud Shannon أن مرحل المفاتيح الذى يتم التحكم فيها بواسطة مغناطيسات كهربائية يمكنه تنفيذ تلك المعادلات التى قدمها بول منذ زمن طويل. بل واستطاعت الترانزستورات التى تم ابتكارها بعد عقد من فعل ذلك بشكل أفضل، لأن الإشارة الوحيدة الواصلة إلى ترانزستور مغلق لن تكون كافية لجعل التيار يتحرك، على الأكثر سوف تثير هذه الإشارة السليكون إلى حالته النشطة الحاملة للتيار بحيث يمكن لإشارة ثانية عندئذ المرور دون إعاقة. بعبارة أخرى، يحتاج الأمر إلى إشارتين تدخلان إلى هذا الترانزستور لجعل إشارة واحدة تخرج. لكن لو تم اعتبار العدد "١" يمثل إشارة ما، فإن معنى ذلك أنه فى داخل الترانزستور ١+١= ١ ولو تمت كتابة غياب الإشارة باعتباره "٠"، عندئذ سوف يعمل أى ترانزستور أيضًا للتأكيد بأن ١+٠=٠.

ما حدث كان مثيرًا للدهشة. لقد نظر بول داخل العقل البشرى واستخرج معادلاته التى تبدو غريبة حول كيفية عمل الصحيح والخطأ. يمكن للترانزستورات أن تحاكى هذه المعادلات، لكن فى هذه المرة داخل حجر صلب. هكذا مهد أحد علماء الرياضيات البعيد عن الأنظار فى القرن التاسع عشر الطريق أمام أفكارنا الباطنية لكى يتم نسخها بشكل صحيح داخل حبيبات السليكون. بالنسبة لعمل بول الأصلى انظر George Boole, An Investigation of the Laws of Thought (London: Dover Publications, 1995). وحول المزيد عن شانون انظر فصل "Understanding Information, Bit by Bit" فى It Must Be Beautiful: Great Equations of Modern Science, edited by Graham Farmelo (London and New York: Granta Books, 2002).

(٣٥) ما وجده باردين وبراتين بالفعل عندما أدخلا الفسفور فى أشباه الموصلات لديهم فى أواخر ١٩٤٧ هو أنه بدلاً عن إنتاج شحنات سالبة تتسارع إلى الأمام، كانا كما يبدو يجعلان شحنات موجبة تتسارع إلى الخلف.

تحير باردين - "هذا هو عكس ما قد يتوقعه المرء"، هكذا كتب فى دفتر الملحوظات فى المختبر - لكن المهندسون ماهرون فى تتبع ما ينجح. بسرعة أدرك هو وبراتين أنه بدلاً عن إدخال ذرة لها المزيد من الإلكترونات لكى تحمل التيار، كان عليهما أن يدخلا ذرات لها إلكترونات أقل من الذرات الأخرى حولها. أصبح للشبيكة لديهم الآن فجوات داخلها: ثغرات حيث يكون لهذه الذرات الجديدة قشرة خارجية غير ممتلئة.

تبدأ الإلكترونات من الذرات الخارجية فى السقوط فى هذه الفجوات، لكن فى كل مرة يسقط إلكترون إلى الأمام، فإنه يترك ثغرة جديدة حيث كان. تندفع إلكترونات أخرى إلى الأمام لملء الثغرات، وهو ما

يعنى أنه سيكون هناك فراغات حرة حتى بعيداً فى الخلف فى الشبكة الصخرية. كانت فجوة غريبة فارغة تتسارع إلى الخلف، فى بلورة صلبة. كانت مقاربة غير مباشرة، لكنهما عثرا على طريقة لرشق الفجوات من نقطة فى مادة صلبة فى كل الطريق خلالها إلى الجانب الآخر. لم يكن نقل الإلكترونات السالبة التى يتم التحكم فيها كما توقعا فى البداية، لكن الأمر كان ناجحًا. (كانت التجارب الفعلية بالجرمانيوم، وليس بالسليكون: لكلا العنصرين أربع "ثغرات" فى قشرتيهما الخارجية، لكن الجرمانيوم أكثر سهولة قليلاً فى استخدامه).

(٣٦) التبصر الإضافى الذى استخدمه مهندسو ميكانيكا الكم كان حول أن الإلكترونات تشبه الموجات أكثر من تشابهها مع الجسيمات. وهذا يعنى أن بلورات السليكون أو الجرمانيوم مغمورة فى موجات إلكترون، التى يمكن أن تتداخل مع بعضها البعض عبر كل حجم البلورة. وتم اختصار التبصرات فى نظرية الزمرة للمواد الصلبة. أكثر من النظر إلى الإلكترونات الفردية حول ذرة واحدة، والتساؤل حول ما إذا كانت مرتبطة بشكل محكم بالذرة أو متاحة لكى يتم انتزاعها فى مكان آخر فى المادة الصلبة، علينا أن ننظر بدلاً عن ذلك لتجمع الإلكترونات فى المادة الصلبة وأن نقيس خواصها المتماثلة فى مجملها.

كان أرنولد ويلكنز زميل واطسون واط يعرف أن الأنشطة الموجزة لعدد كبير من الإلكترونات يمكن تقريبها إلى زمر توصيل كهربائى مميزة، وهذا سبب أن تصور درود Drude ما قبل ميكانيكا الكم حول الإلكترونات الفردية هى هذه الموصلات صحيح بما فيه الكفاية لهذه الحسابات. وهو أيضًا سبب أن باردين وبراتين استطاعا الحديث عن فجوات موصلة، دون أن يكون عليهما مع ذلك تصور أن الفجوة تنتقل حرفيًا من ذرة إلى الذرة التالية. ويعطى نصى الخاليلى Al-Khalili أو بولكينجهورن Polkin-ghorne فى مرشد القراءة لهذا الفصل خلفية جيدة.

(٣٧) تحسرت أجيال من مهندسى الحاسب وأساتذته على طريقة وضع طلابهم "نبات إبرة الراعى gerani-um" المزدهرة فى قلب تقنية الترانزستور. لتوضيح الموقف، من المفيد تذكر السياق الذى جاء فيه اكتشاف هذا العنصر. كانت هناك كراهية مريرة بين فرنسا وألمانيا بعد الحرب الفرانكو بروسية فى ١٨٧٠-٧١، لذلك عندما اكتشف عالم الكيمياء الفرنسى بوسبودران فى ١٨٧٥ عنصراً جديداً كان منديليف قد تنبأ به، سماه جاليام gallium، حسب الاسم اللاتينى لفرنسا. وعندما اكتشف الباحث الألمانى كليمنز ألكسندر ونكلير، بعد ذلك بعقد، عنصراً آخر أيضًا كان قد تنبأ به منديليف – وهو الذى يشغل فجورة تحت السليكون مباشرة فى جدول منديليف، ومن ثم له خواص مشتركة مع السليكون – لم يكن هناك شك فى أن عليه أن يسميه جيرمانيوم germanium، حسب البلد المنتصر حديثًا.

(٣٨) ما تم وصفه هو بساطة الفكرة وراء الطبقات الثلاث التقليدية للترانزستور. الطبقات الخارجية مجهزة (رغم احتوائها على فائض من الإلكترونات) بحيث تحمل بسهولة شحنة سالبة. والطبقة الوسطى تدعمها. ولكن حيث إن هذه الطبقة الوسطى شبه موصل، فإن طبيعتها تتغير بسهولة. حتى زيادة ضئيلة فى التيار الذى ينطلق فيها سوف يجعلها تتحول، بحيث تعبرها الشحنات من الطبقات الخارجية.

لاحظ التشابه مع ميكروفون إديسون ذى الزر الكربون. فى السماعة الحديثة تحاول بطارية باستمرار دفع تيار ثابت عبر الطبقة الوسطى للترانزستور، لكن إشارة الصوت الضعيفة فقط الآتية من الخارج ستجعل هذه الطبقة الوسطى تتحول لتترك التيار يمر. كلما كان الصوت أكثر قوة، كان التيار الآتى من البطارية الذى يمر أكثر قوة.

لو أن التأثير متساوٍ، لن يكون الترانزستور ذا نفع كبير، لكن القوة العظيمة للترانزستورات تأتى من حقيقة أن الطبقة الوسطى تعتمد على أسس مشكوك فيها إلى حد أنه حتى التغير الضئيل فى الكمية المدخلة - أقل تغير فى الصوت الذى يجب سماعه - قد يجعلها تتحول إلى حد كبير. سيكون هناك "كسب طاقة" هائل، وتم قياس كسب طاقة مماثل فى نوفمبر ١٩٤٧ جعل براتين وباردين يدركان أنهما كانا على الطريق الصحيح.

(٣٩) أحبت أيضًا وصف يوم فى ١٩٤٧ عندما وجدت فراشة ليل تغلق الدائرة الكهربائية فى الحاسب الذى كانت تعمل عليه فى هارفارد. "أول حالة فعلية للعثور على حشرة"، هذا ما كتبته عن جثتها التى تم حفظها بعناية، حيث لفتها بشريط فى سجلها الرسمى. يبدو أن نفس الكلمة تم استخدامها كتفسير عام للعيوب الغامضة فى الدوائر الكهربائية من وقت إلى آخر منذ وقت إديسون، لكن بالموقع المهم لهوبر فى هارفارد، إضافة إلى الأدلة المسجلة، حسمت كلمة "بقة bug" لتسمية أعطال الحاسب فى العصر الحالى.

(٤٠) إنها الصورة المستخدمة فى الكتب التقليدية وعمليات التأريخ المتعددة، تم التقاطها لعدد "إلكترونيكس" فى سبتمبر ١٩٤٨، لكن لها دقة تلك الخارجة من الكرملين أيام مكتبه السياسى الشيوعى. يمكن رؤية والتر براتين مباشرة خلف شوكلى، الذى يحدق دون هدف خلال ميكروسكوب براتين الخاص. عندما كان براتين شابًا كان قد قضى ذات مرة عامًا كاملاً تقريبًا فى الجبال، غالبًا على صهوة جواد، يحرس قطيع ماشية مع بندقية فى حضنه. فى الصورة يمكننا ملاحظة يديه المشدودتين، وهما تميلان قليلاً إلى الأمام، بطريقة، لو أنها استمرت، قد تجعله يلوى عنق شوكلى. بعد ذلك بخمسة وأربعين عامًا كان باردين فى لقاء صحافى حول هذا اليوم، "يا ولد، بالتأكيد يكره والتر هذه الصورة"، هذا ما أوضحه باردين الرقيق. انظر فى Michael Riordan`s and Lillian Moddeson`s Crystal Fire: The Invention of the Transistor and the Birth of the Information Age (New York: W. W. Norton, 1997), p. 167.

(٤١) من المدهش أن باردين وبراتين كانا قد اقتربا من اختراق عظيم فى مجال ترانزستور (MOS معدن- أكسيد- سليكون)، الذى أصبح قلب رقائق إنتيل فى عقود تالية. رغم تجاربهما النهائية على الجرمانيوم فى ١٩٤٧، الذى جاءت منها طبيعة الأكسيد المهمة الضرورية لترانزستورات MOS، لو أن شوكلى تركهما يستمران فى عملهما، ربما كانا قد عادا إلى السليكون - الذى كانا يتابعانه بتفاصيل كبيرة - ولظلت طبقة الأكسيد الحاسمة باقية.

(٤٢) قوة البطارية مغالٍ فيها على متن القمر الاصطناعى، ويتوهج الهوائى على قمر اصطناعى لنظام المواقع العالمى بطاقة خمس لمبات كهرباء صغيرة فقط. فى وقت وصول إشارة إلى سطح الأرض، وقد كان عليها شق طريقها بالقوة خلال الغلاف الجوى السميك وقد تبعثرت على آلاف الأميال، سيكون على أجهزة الاستقبال لدينا أقل من واحد من مليار من الوات كطاقة لديها لكى تتعامل مع هذه الإشارة. الترانزستورات فى أجهزة الاستقبال فى نظام المواقع العالمى لدينا حساسة حقًا: محمصة الخبز الكهربائية العادية تحتاج إلى قوة أكبر ترليون مرة من ذلك لكى تقوم بتسخين قطعة واحدة من الخبز.

(٤٣) لم تر بنفسها العروض الأكثر شهرة، لأنها كانت فى الخامسة من عمرها فقط فى ١٨٠٢، عندما أتى ابن أخ جالفانى، جيوفانى ألدينى، إلى لندن وحصل على إذن بنصب جهازه حول مجرم شاب مدان كان يمكن إدراك أنه مثير للقلق. توماس فورستر، الذى كان سيصبح فى القريب العاجل جثة أنيسة نضرة.

تم رفع فورستر إلى أعلى، وشنقه، ثم تم إحضار جسده إلى أسفل، وصب ألدينى عجينة فى منخارى فورستر وفمه، ثم قام بتوصيل بطارية. للحظة طويلة مرعبة بدا أن الحياة عادت إلى جسد فورستر، و"بدا أن التشنجات تتزايد أكثر"، وهى تظهر على "رأسه، ووجهه وعنقه، بقدر ما ظهرت على عضلة الكتف مثلثة الشكل".

كان التأثير الرهيب موضع نقاش كثير، ولم تكن أقل من ذلك بواسطة بيرسى شيلى - زوج مارى فى المستقبل - الذى كان يستخدم فى الغالب بصفته تلميذاً أعمدة كلفنانى لشحن جسمه حتى يقف شعر رأسه. انظر Easther Scor, ed., The Cambridge Companion to Mary Shelley (Cambridge, England: Cambridge University Press, 2003).

(٤٤) عندما نتكلم عن مقياس درجة الحموضة pH لمحلول ما، فإن ذلك اختصار ببساطة لحساب الأيونات القوية كهربائياً فيه. فى كأس من الماء يوجد أيون هيدروجين واحد ليس إلا فى المحلول لكل ١٠٠٠٠٠٠٠ جزىء عادى تقريباً، وهذا هو سبب أن مقياس درجة الحموضة للماء سبعة كما يقال - عدد الأصفار فى ١٠٠٠٠٠٠٠. لحمض الهيدروكلوريك فى معدتنا أيون هيدروجين واحد لكل مائة جزىء ماء، ولذلك فإن له مقياس درجة حموضة نحو اثنين. تهاجم هذه الكثافة الأعلى للأيونات المشحونة كهربائياً البكتيريا فى الطعام الذى نبتلعه، وتهتاج فى أغشية خلية الطعام نفسه.

تعلن شركات مستحضرات التجميل غالبًا عن منتجاتها باعتبارها متوازنة فى مقياس درجة الحموضة، وهو ما يعنى أن لها مقياس سبعة. وبطاقاتها أقل صراحة فى شرح كيفية التوصل إلى هذا الإنجاز عالى التكلفة. فى أغلب الأحيان فعلاً، يشترى الزبون المنتج ببساطة وهو مختلط مع كمية كبيرة من السائل الموجود فيه أيونات الهيدروجين هذه مخففة بواحد فى ١٠٠٠٠٠٠٠. بعبارة أخرى، ينفق الزبون أغلب ماله على الماء.

(٤٥) حيث إن الحركة البسيطة للإلكترونات داخل سلك ترسل موجات راديو، ألا يمكن للاهتزاز الطبيعى للإلكترونات داخل المخ البشرى أن يبث موجات مشابهة غير مرئية؟ تقريباً بمجرد أن أصبحت تجارب هيرتز معروفة، رأى عدد من الباحثين، يقودهم رائد الراديو أولفر لودج، أن هذا قد يكون أساساً علمياً للإدراك فوق الحسى ESP. وفى عشرينيات القرن العشرين، دعم انتشار أجهزة الراديو العادية - مثل الصناديق التى يمكنها رصد الرسائل غير المرئية على بعد - اعتقاد الجمهور العام فى ظواهر مثل الإدراك فوق الحسى.

اتضح أنه رغم أن المخ يولد فى الحقيقة موجات راديو منخفضة الطاقة، فإنها من الضعف بحيث لا يمكن رصدها على أى مسافة ذات قيمة. التفسير مرتبط بالمقايضة بين طول أى موجة وعدد الموجات التى تأخذها لعبور مسافة محددة. أثبت هودجكين وهاكسلى أن الخلايا العصبية فى مخنا تعمل عند معدل منخفض إلى حد ما هو بضعة آلاف المرات فى الثانية، ومن ثم فحسابات التموج فى صفحة (رقم جديد فى النص المترجم بالعودة إلى ما يناظره فى صفحة ٢٤٦ فى النص الإنجليزى)، فإن هذا يعنى أن مقدمة كل موجة لها رأس يبدأ فى واحد من ألف من الثانية على مؤخرة نفس الموجة.

لا يمكن لطلقة أن تصل بعيداً في جزء من ألف من الثانية، لكن الأمر يحتاج فقط إلى ثانية كاملة لكي تنتقل الموجات الكهرومغناطيسية ١٨٦٠٠٠ ميل، وهو ما يعني أنها ستنتقل ١٨٦ ميلاً في جزء من ألف من الثانية. هذا هو ما يبرز من أمخاخنا، وبدت هذه الحقيقة في البداية - أن الموجات غير المرئية مع مسافة من قمة إلى قمة تصل إلى ١٨٦ ميلاً تنسكب باستمرار من رءوسنا - دليلاً صارمًا على ظاهرة غير طبيعية. (يمكن أن تكون الموجات أطول بعض الشيء أو أقصر بعض الشيء، اعتماداً على المعدل الفعلي لتشغيل الخلية العصبية).

لكن الأمر جيد بقدر ما يوحي به، لأن ١٨٦ ميلاً موجة ضخمة. تنتج الهواتف الخلوية موجات لها طول بضع بوصات فقط، وحتى جهاز راديو تعديل سعة الموجة AM ينتج موجات لها بضع مئات الياردات فقط. لكي يتم رصد موجة بسهولة، يجب أن يتم إنتاجها من مصدر كبير نسبيًا مقارنة بالموجة. لكن الرأس الإنساني بالغ الصغر مقارنة بـ ١٨٦ ميلاً. وهذا يعني أن الموجة يتم توليدها بشكل غير فعال إلى حد كبير، ومن ثم فإن المجال الذي تنتجه ضعيف إلى أقصى درجة حتى يلتقطه البشر دون مساعدة، وحقيقة أن الإشارات تتداخل مع بعضها البعض يجعله أكثر ضعفًا أيضًا.

(٤٦) يعود الفضل عادة إلى فرويد في اكتشاف الخواص التخديرية للكوكايين، لكنه انصرف إلى أعمال أخرى ولم يكن لديه الوقت لشرح نتائجه بالتفصيل. مع ذلك، بدلاً من لوم نفسه لهذا الفشل المهني، كتب: "بالنظر إلى الخلف..كان خطأ خطيبتي لو أنني لم أصبح مشهوراً في تلك السنوات المبكرة". لكنه لم يحمل ضغينة، وأكثر من مرة أرسل لها قوارير صغيرة من الكوكايين لأخذ عينة للفحص، بل بدأ في استخدامه بشكل منتظم، يتوقف ويستخدمه لعقد تقريبًا: ساعده على الاسترخاء، و - كما وعدها قبل زيارة أخرى- كان يحوله إلى "رجل ضخم جامح بالكوكايين في جسمه". انظر Peter Gay, Freud: A Life for Our Time (London: J. J. Dent& Sons, 1988), 42-45.

(٤٧) رغم أن البشر يحتاجون إلى تجهيز معملي حساس لرصد التيارات الكهربائية في الأعصاب الحية، فإن الكثير من الحيوانات لا يحتاج إلى ذلك. خُلد الماء الذي له منقار بطة في الظاهر، على سبيل المثال، يطارد فرائسه في قاع النهر الطيني في الليل. ويحاول جراد البحر أو الربيان التي هي فرائسه أن تختفي في الطين، لكن أعصابها - التي تشبه أعصابنا تمامًا - تسكب باستمرار شحنات أيون الصوديوم إلى الخلف وإلى الأمام. وترسل هذه الشحنات المتحركة مجالات كهرومغناطيسية تتموج إلى الخارج. يكون منقار الخلد محملاً بخلايا يمكنه رصد هذه المجالات، بلسعة سريعة، أو بضربة دقيقة من أشواك كعبه المليئة بالسم، فيموت جراد البحر.

حتى أسماك القرش برأس المطرقة تعتبر أفضل في ذلك، لأن الفراغ الكبير في "المطرقة" المنتفخة يعني أنها تحمل أيضًا المزيد من الخلايا التي يمكنها رصد المجالات الكهربائية. قد تكون فريسة سمكة القرش منكمشة خوفًا وغير مرئية حول منعطف، أو مختبئة عميقًا في جحر في طبقات الرمل. لكن قلب الفريسة يكون في حالة نبض، والنبضات المهتزة لعضلة قلبها تحت السيطرة - مرة أخرى، مثل ما لدينا -- بواسطة مضخات مجهرية في جدران ألياف عصبها، تسكب صوديوم مشحونًا وأيونات أخرى إلى الخلف وإلى الأمام. تبدأ المجالات الكهرومغناطيسية غير المرئية في النبض. يرصد رأس المطرقة ذلك، حتى في الظلام التام، ويتحول أقرب، ويتسع الفك، لكي .... يتحقق.

(٤٨) ما الذى يحدث للمسئولية الشخصية عندما نجد مصدراً بيولوجياً لكل أفعالنا؟ "لو استطعنا الوصول إلى تفسيرات للشر الذى يرتكبه الناس، ألا نستبدل الشر الأخلاقى، الذى يُرتكب بحرية، بالشر الطبيعى، البعيد عن سيطرتنا؟ وهل علينا أن نضيف الآن للبركان والفيروس اختلال وظيفة لوزة الحلق والقشرة المدارية الجبهوية orbitofrontal cortex غير العادية؟". (انظر Spence, University of Sheffield, in New Scientist, March 20. 2004).

(٤٩) كتب كانت: "شيئان يملآن العقل بدهشة ورهبة جديدين ومتزايدين دائماً – السماوات ذات النجوم فوقى والقانون الأخلاقى داخلى".

كان على حق أكثر مما عرف. التماثل العددى مجرد صدفة، لكن التموجات الكمية فى الكون القديم نفسه يبدو أنها مسئولة عن توزيع التجمعات المجرية التى نجدها فى السماوات ذات النجوم فوقنا، ونفس هذه التموجات الكمية تتحكم فى المعالجة العصبية لكل عقل إنسان يتأمل فى القانون الأخلاقى داخله.

لمناقشة من جانب واحد لكنها مسلية مع ذلك حول الإرادة الحرة وميكانيكا الكم، انظر Roger Penrose, The Emperor`s New Clothes: Concerning Computers, Minds, and the Laws of Physics (Oxford: Oxford University Press, 1989).

اقتراحات لقراءة إضافية

الكهرباء المبكرة

الحكاية التقليدية للسنوات الأولى للكهرباء هى Electricity in the Seventeenth and Eighteenth Centuries: A Study of Early Modern Physics (Berkeley: University of California Press, 1979) لـ John Heil bron. وفيها مقاطع وصفية مثل تلك الموجودة فى التقرير المربك للإنجليزى روبرت سيمر Robbert Symmer، فى نوفمبر ١٧٥٨، حيث يقول "لقد لاحظت لبعض الوقت أننى بسحبى لجواربى فى أمسية فإنها تُحدث بشكل متكرر ضوضاء تكسر أو طقطقة، وفى الظلام تبين لى أنها تبث شرارات نار". ويعود Science and the Enlightenment (Cambridge: Cambridge University Press, 1985) لتوماس هانكيز إلى طريقة محاولة الباحثين فى القرن الثامن عشر استكشاف ملاحظات سيمر وآخرين، من خلال خطط مثل توجيه الطقطقة الإستاتيكية عبر خيوط قطنية طويلة، لتوليد شيء ما يشبه التلغراف البسيط، مما أدى إلى التجارب الخلاقة لجالفانى وفولطا، وتوجد علاقة مهتزة مهووسة بالعبوس يتم وصفها بالكثير من البهجة فى The Ambiguous Frog: The Galvani-Volta Controversy on Animal Electricity, by Marcello Pera (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1992).

تم تجاهل مساهمات بنيامين فرانكلين فى كتابه، لكن كتاب Benjamin Franklin: An American Life (New York: Simon& Schuster, 2003) لوالتر إسحاقسون Walter Isaacson يقدم مقدمة فصيحة، بالإضافة إلى تقييم ما إذا كانت تجربة الطائرة الورقية الشهيرة قد تمت فى أى وقت (ويصوت بنعم). وبدأت كتابات آى. برنارد كوهن I. Bernard Cohen عن فرانكلين بـ Franklin and Newton (Philadelphia: American Philosoph-

Science and the واستمر بكل قوته بعد أربعين عامًا بكتابه ical Societym 1956)
Founding Fathers: Science in the Political Thought of Jefferson, Franklin, Adams and Madison (New York: W. W. Norton, 1995)، الذى يوضح عمق الذكاء التحليلى بين القادة السياسيين الأمريكيين مما لا يتلاءم تمامًا مع الشاغلين الأكثر حداثة لمكتب توماس جيفرسون. وسلسلة الكتابات الطويلة لباتريشيا فارا Patricia Fara حول المغناطيسية المبكرة ممثلة بشكل جيد فى "A treasure of hidden virtues: the attraction of magnetic marketing" فى The British Journal for the History of Science 28 (1995): 5-35.

هنرى ومورس

كان جوزيف هنرى رجلاً هادئًا، يعتمد على الحقائق، قد وجد مصورًا فوتوغرافيًا هادئًا يعتمد على الحقائق هو توماس كولسون. ويسترعى الانتباه كتابه Joseph Henry: His Life and Work (Princeton, NJ: Prenceton University Press, 1950) عن حياة هنرى، ويصل حتى إلى مسار ما كان يعنيه الأجر المنخفض لهنرى من أنه كان عليه أن يقتصد فى مشتريات الزنك – لابتكار مغناطيسات كهربائية يمكنها العمل ببطاريات تعمل فقط بأقل قدر من شظايا هذا المعدن مرتفع السعر. وأوصى أيضًا بإلقاء نظرة على مجموعة ناثان رينجولد المحررة Science in Nineteenth Century America: A Documentary History (London: Macmillan, 1966). وفيها مقتطفات واسعة من خطابات هنرى، من أيام التعليم الصعبة ("لا تناسب دراساتى فى الأكاديمية ذوقى بشكل جيد. أنا مشغول...فى العمل الرتيب الممل لتعليم فصل من ستين ولدًا") حتى الإثارة المتنامية لاستخدام بطارية صغيرة لرفع وزن ٧٥٠ باوند.

يعتبر كتاب American and British Technology in the Nineteenth Century: The Search for Labour-Saving Inventions (Cambridge, England: Cambridge University Press, 1967) لـ هـ. ج. هاباكوك H. J. Habakkuk، تاريخًا اقتصاديًا متخصصًا يوضح كيف أن ندرة العمل وحدها لا تؤدى إلى ابتكار. ووجهة النظر الأكثر تطبيقية

تأتى من فرنسى شاب زار بالفعل ألبانى فى ١٨٣١ (عندما كان هنرى لا يزال هناك) وكتب أفكاره باستحسان أوسع إلى حد ما: وهو أليكسيس دو توكوفيل فى كتابه Democracy in America (عدة طبعات) وهو تحفة رائعة، وانظر بشكل خاص الجزء ١ المجلد ٢، عن العلاقة المتبادلة بين الابتكار، والمهن والحياة اليومية لمجتمع هنرى.

عنوان The Amercan Leonardo: A Life of Samuel F. B. Morse لكارلتون مابى (New York: Knopf, 1994) يوحى بأنه سيكون كتاباً آخر للمدح، لكنه كان إحدى الحكايات الأولى الجادة "لكشف مورس على حقيقته - الجزء الخاص به يوضح كيف كانت مشاعر الألم لدى مورس وهو يدرك أن الفكرة وراء ما أصبح يعرف بـ "رموز مورس" هى لمسة لطيفة. وباولى ستاتى فى كتابه Samuel F. B. Morse (Cambridge and New York: Cambridge University Press, 1989) يضع عمل مورس فى سياق جهوده الفنية، موضحًا كيف أن فشل مورس فى التبشير بالإنجيل فى أمريكا أدى بشكل طبيعى إلى شروعه فى التبشير من خلال الاتصال عن طريق التلغراف. ويعتبر Lightning Man: The Accursed Life of Samuel F. B. Morse (New York: Knopf, 2003) لكينيث سلفرمان حكاية حديثة جيدة، سيرة بواسطة ابن مورس Samuel F. B. Morse, His Letters and Journals الذى تم تحريره وتكملته بواسطة إدوارد ليند مورس (Boston and New York: Houghton Mifflin, 1914) وهو يوضح حيرة مؤثرة فى النفس عندما يحاول الابن شرح براءة والده من النار التى دمرت الوثائق المهمة فى المحكمة، والرشوة لعضو الكونجرس سميث (لم يكن [أبى] لسوء الحظ حكمًا ذكيًا على الرجال)، وكل المكاره فى حياة مورس الطويلة. وكتاب ريتشارد هوفستادتر التقليدى The Paranoid Style in American Politics (London: cape, 1966) يضع اعتلال مورس النفسى فى الرفقة الثرية.

فى تغير التصورات عن الزمن، هناك عملان تقليديان يمكن التمتع بهما؛ كتاب دافيد لانديس David Landes وهو Revolution in Time: Clocks and the Making of the Modern World (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1983) الذى يتخذ مقاربة تاريخية نشيطة، وكتاب إرنست كاسيرير وهو An Essay on Man: An Introduction to a Philosophy of Human Culture (New Haven: Yale University Press, 1945)، الذى يعود إلى فلسفة كانت، والذى يتخذ خطًا أكثر استطرادًا. ويبرز كتاب إ. ب. تومبسون وهو

في وجهات النظر The Making of the English Working Class (London: Gollancz, 1963) الدينية خلف تغيرنا إلى زمن ساعة كثيف للتحكم في المصنع، ولميرسى إلياد كتاب The Myth of the Eternal Return (London and New York: Routledge& Kegan Paul, 1955) يركز أكثر على المبادئ الشاملة لكيفية تشكيل المجتمعات للزمن. ويوضح كتاب دافيد بول نيكل وهو Under the Wire: How the Telegraph Changed Diplomacy (Cambridge, MA: Harvard University Press, 2003)، بشكل ما يوحي أكثر بالثقة، كيف كانت الدبلوماسية كارثية جداً في القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين. وكتاب لتوم ستانداج هو Victorian Internet: The Remarkable Story of the Telegraph and the Nineteenth Century`s Online Pioneers (New York: Walker, London: Weidenfeld and Nicholson, 1998) هو مقال قصصي مثالي عن تقنية التلغراف وعواقبها.

بيل وإديسون

أفضل طريقة لفهم بيل كشخص هي من خلال Alexander Graham Bell: The Life and Times of the Man Who Invented the Telephone, by Edwin S. Grosvenor and Morgan Wesson (New York: Abrams, 1997). وهو محمل بالصور الفوتوغرافية من كل مراحل حياته وفيه مقتطفات طويلة من خطابات الحب إضافة إلى تفسيرات جيدة للعلم الأساسي. وللازلو سوليمار كتاب Getting the Massage: A History of Communications (Oxford, England: Oxford University Press, 1999) يضع العلم في السياق الكامل لتقنيات الاتصال في القرنين التاسع عشر والعشرين، وكتاب Signals: The Science of Telecommunications (New York: Scientific American Library, 1990) لجون بيرس ونول ميشيل يقدم بشكل بارع نظرية المعلومات أيضاً.

وكتاب Edison`s Elictric Light: Biography of an Invention لروبرت فريديل وبول إسرائيل مع S. Finn (New Brunswick, NJ: Rutgers University Press, 1987) Bernard يلقيان الضوء على كل سؤال يمكن للمرء أن يتخيله حول أصل المصباح الكهربائي. ولحكاية مفعمة بالحيوية ممتعة القراءة عن حياة إديسون، بدأت بكتاب ماثيو

جوسيفسون Edison (New York and London: McGraw-Hill, 1959) بينما لنيل بالدوين كتاب Edison: Inventing the Century (Chicago and London: University of Chicago Press, 1995) يتخذ مقاربة أكثر موضوعية. عن عمليات الخداع التى تورط فيها إديسون عندما قابل فى النهاية مقاولين كانا عاقدى العزم مثله تماماً، حاول قراءة كتاب جيل جونيس Jill Jonnes المكتوب بشكل جيد Empires of Light: Edison, Tesla, Westinghouse, and the Race to Elictrify the World (New York: Random House, 2003).

للميول الأوسع، لتوماس ب. هافس كتاب American Genesis: A Century of Invention and Technological Enthusiasm 1870-1970 (New York: Viking, 1989) يعتبر جيداً جداً، كما هو حال كتاب أرنولف جرابلر Technology and Global Change (Cambridge, England: Cambridge University Press, 1998) وفيه رسومات بيانية كافية لجعل أى حتمى تقنى سعيداً، والمجلد الذى حرره ميريت رو سميث وليو ماركس وهو Does Technology Drive History? The Dilemma of Technological Determinism (Cambridge, MA: MIT Press, 1996) يعتبر تأثيراً معادلاً مفيداً. حول سيارات الطرق الكهربائية، وحدائق الترفيه والثقافة الشعبية بشكل عام، انظر لدافيد ناى كتاب Electrifying America: Social Meanings of a New Technology (Cambridge, MA: MIT Press, 1990). والمجلد الجماعى Science, Technology and Everuday Life 1870-1950, الذى حرره كولين شانت (London: Routledge, in association with the Open University, 1989) يقدم منظوراً أوروبياً مناسباً له. عن التأخير فى تكريس الجهد لاستخدام الكهرباء فى بداية القرن العشرين، تعطى كتابات بول دافيد مقارنة جيدة مع المصاعب فى جعل الاستثمارات فى الحاسب تقوم بتغييرات أساسية فى ممارسات العمل فى نهاية نفس القرن المنهك. انظر مناقشات فى New Frontiers in the Economics of Innovation: Essays in Honor of Paul David (Cambridge, MA: Edward Elgar, 2005).

تمت إعادة حكى حياة ج. ج. طومسون بشكل مرهف بواسطة ابنه فى J. J. Thomson and the Cavendish Laboratory لجورج باجيت طومسون (London: Nelson, 1964)، الذى يقدم هذا الرجل الهادئ المتلعثم ظاهرياً وهو يحول تماماً بشكل غير مسبوق العالم الحديث، انظر أيضاً السيرة الذاتية لطومسون Recallections and Reflections

الذى اكتشفه بالضبط ج. ج. طومسون فى ١٨٩٧ (London: G. Bell & Sons, 1936). هو سؤال مثير للاهتمام، لأنه لم يستطع رؤية الإلكترونات وكان يستطيع فقط تسجيل بيانات عن النسبة بين الشحنة الكهربائية وكتلة "شىء ما" على أنابيب شعاع الكاثود الخاصة به، وهى نسبة كان قد قاسها بالفعل والتر كوفمان فى ألمانيا، بل وحتى بدقة أكبر. لبير إ. داهل كتاب Flash of the Cathode Rays: A History of J. J. Thomson's Electron (Philadelphia: Institute of Physics Publishing, 1997) يعتبر حكاية مثيرة للاهمام دافعها السرد لنجاح ج. ج. طومسون، وللقضايا التى يتكون منها الاكتشاف، حاول قـراءة Histories of the Electron: The Birth of Microphysicsm edited by Jed Z. Buchwald and Andrew Warwick (Cambridgem MA: MIT Press, 2001) ولستيفين وينبرج كتاب The Discovery of Subatomic Particles (New York: W. H. Freeman, 1990) وهو تركيب مكتوب بشكل واضح حول القوة العلمية الأكبر، وطريقة ممتازة فى فهم وجهات نظر طومسون، بالإضافة إلى تلخيص العلاقة بين الشحنات الإستاتيكية والديناميكية فى النظرية الكهرومغناطيسية الراهنة.

فاراداى

بعد البحث فى حياة فاراداى وأعماله من أجل كتاب سابق، فكرت فى أن لدىّ المزيد يمكننى اكتشافه، لكننى التقيت مصادفة بكتاب لجيمس هاملتون هو Faraday: The Life (London: HarperCollins, 2002) و، يا للدهشة، هل تعلمت ما تعنيه التحقير. هاملتون جليل، إنه مؤرخ فن آخر، يقدم ثراءً فى فهم حياة فاراداى افتقدها أغلب مؤرخى العلم. نرى الحساسية اللمسية فى ساعات فارادى التى قضاها فى توصيل الأسلاك الكهربائية فى هدوء، بالإضافة إلى معنى اللمس والشم وسنوات التفكير الدينى العميق، وكيف أدى كل ذلك إلى اكتشافاته العظيمة.

عن الحكايات الأقدم، يوجد كتاب لـ ل. بيرس وليامز هو Michael Faraday (London: Chapman and Hall, 1965) وهو جيد جداً، وكذلك أيضاً كتاب جوفرى كانتور وهو Michael Faraday, Sandemanian and Scientist: A Study of Science and Religion in

the Nineteenth Century (London: Macmillan, New York: St. Martin`s Press, 1991).

ومقابلات راسيل ستانارد مع العلماء الرواد، Science and Wonders: Conversations About Science and Belief (London and Boston: Faber and Faber, 1996) بداية قوية للموضوع العام عن الدين والعلم.

كانت الفكرة المهمة لدى فاراداى عن "المجال". الطريقة المثالية لفهمه هو قضاء صيف فى تصفح كتاب تقليدى تمهيدى حول الحساب، أو حتى مجرد بعض من جبر المتجهات، مما قد يعطى بهجة عن طبيعة المجلد ٢ من محاضرات ريتشارد فينمان Lectures on Physics (Reading, MA: Addison-Wesley, 1963) وهى التى أعيد طبعها كثيراً، وهى سهلة المنال. من الصعب النظر للعالم بنفس الطريقة بعد ذلك، لكنه من الصعب أيضًا العثور على وقت حر للتجهيز الرياضى المطلوب، والبديل الممتاز هو التفسير الجذاب وغير التقنى لأينشتاين، فى الجزأين ٢ و٣ من كتابه The Evolution of Physics, from Early Concepts to Relativity and Quanta, cowritten with Leopold Infeld (New York: Simon & Schuster, 1966, original edition 1938). الجزء الذى يوضح فيه أينشتاين حقيقة المجال بشرح سبب أن الشرارات تتشكلِ عندما نسحب بسرعة قابسًا من مقبس جيد بشكل خاص. (الفصلان ٢ و١٤ فى المجلد ١ من محاضرات فينمان يعطيان أيضًا نكهة غير تقنية لمقاربة المجال).

من المغرى أن نعيد إلى زمن فاراداى ما نعرفه الآن بأنه مجالات، لكن هذا قد يفتقد إلى الصعوبة التى شق فاراداى طريقه من خلالها إلى إنجازه النهائى. المراحل تم استكشافها بشكل جيد فى كتاب ب. م. هارمان وهو Energy, Force and Matter: The Conceptual Development of Nineteenth-Century Physics (Combridge, England: CambridgeUniversity Press, 1982), وأيضًا فى مقالة نانسى نيرسيان القصيرة ولكن المميزة " Faraday`s Field Concept" فى Faraday Rediscovered تحرير دافيد جودنج وفرانك أ. ج. ل. جيمس London: Macmillan, 1985, New York: American Institute of Physics, 1989).

ربما تعتبر مقالة أليس جينكينس "Spatial Imagery in Nineteenth-Century Representations of Science: Faraday and Tyndall" فى Making Space for Science: Territo-

من تحرير كلٍّ من كروسبي سميث Cros- rial Themes in the Shaping of Knowledge, وجون أجار bie Smith Jon Agar (London: Macmillan, New York: St. Martin`s Press, (1998 أكثر الأعمال دقة من بين الجميع وهي توحي بكيفية دخول الرؤى لمشهد الأبعاد الثلاثة إلى وجهات نظر فاراداى، حيث انتقل من تخيل خطوط لحظية للقوة إلى وجهة نظر موجات تتموج وهي تنتقل بسرعة محدودة.

كبل الأطلنطى، وليام طومسون

وجيمس كلارك ماكسويل

تشارلز برايت رئيس المهندسين المبتكر على سفن الكبل، كان إلى حد ما أقل ابتكارًا عندما وصل إلى تسمية ابنه: أطلق عليه تشارلز برايت. كان هو تشارلز الأصغر الذى كتب The Story of the Atlantic Cable (London: George Newnes Ltd., (1903 وجعلتها سنوات استماعه إلى قصص أبيه حكاية عظيمة عن المشروع، ولها أيضًا نسخة طويلة من مراسل "تايمز" اللندنية الذى كان على متن أجاميمنون عندما ضربتها الأمواج الهائلة لعاصفة ١٨٥٨، المجلد الذى صاحب برايت الأصغر The Life Story of Sir Charles Tilston Bright (London, Constable & Co., 1908(أطول بكثير ويحتوى على تفاصيل مثل طريقة استرخاء البحارة البريطانيين عندما يأخذون عينات من قاع البحر في وسط الأطلنطي: قد تهبط حاوية جعة مع خط الكبل، على الأقل جزء من الطريق، وعندئذ يتم سحبها بلطف وقد انخفضت درجة حرارتها.

حاول برايت أن يكون مؤدبًا تجاه وايتهاوس، الكهربائى الذى دمرالمشروع تقريبًا، لكن لو كنت قريبًا من مكتبة جيدة ويمكنك الحصول على التحقيق البريطانى الرسمى Report of the Joint Committee on the Construction of Submarine Telegraph Cables (British Parliamentary Papers 1860, LXII), سيكون أمامك تحفة، حيث إن مشهد رؤية محاميى المرافعة يعبرون عن مشاعرهم فجأة دون تحكم لهو أمر مثير للإعجاب فى أيامنا هذه كما كان فى أيامهم. ومن التصورات الحديثة The Atlantic Cable, by Bern Dibner (New York: Blaisdell, 1964) و A Thread Across the Ocean, by

وكــلاهـمـا يـقـدم الموضـــوع John Steele Gordon (New York: Walker & Co., 2002), بشكل جيد.

السيرة المفضلة لدىّ لوليام طومسون (بعد ذلك لورد كلفن) هى تلك التى قدمها صديقه سيلاناس ب. طومسون، The Life of William Thomson: Baron Kelvin of Largs (London: Macmillan, 1910, two Volumes). والكمية الأكبر من التحليل، رغم أنها قد تكون أقل حميمية فى الفهم، موجودة فى Energy and Empire: A Biographical Study of Lord Kelvin, by Crosbie Smith and M. Norton Wise (Cambridge: Cambridge University Press, 1989). ويقوم كتاب كروسبى سميث اللاحق The Science of Energy: A Cultural History of Energy Physics in Victorian Britain (London: Athlone Press, 1998) بدور أفضل فى الدخول إلى عقلية ذلك الزمن. والطريق الذى شقه طومسون أبعد من فارادای فی استكشاف ما كان يحدث داخل الكبل هو الموضوع الرئيسى فى مقالة بروس هانت Bruce Hunt الأكثر فائدة "Michael Faraday, Cable Telegraphy and the Rise of Field Theory", History of Technology 13, (1991), edited by Graham Hollister-Short and Frank A. J. L. James.

من المخجل أن بنية هذا الكتاب تمنح ماكسويل تنويهًا مختصرًا فقط، وأنا أوصى بحماس أن يبحث القراء أكثر فى هذا الرجل المتروى والمدهش وملتوى الكلمات. السيرتان الجيدتان هما James Clerk Maxwell: Physicist and Natural Philosopher, by C. S. F. Everitt (New York: Scribners, 1976), و The Demon in the Aether: The Story of James Clerk Maxwell (Edinburgh: Paul Harris Publishing: With Adam Hilger, Bristol, 1983). من أجل الخطوة المهمة لماكسويل فى استخدام النسبة المقاسة بين الوحدات الكهْربائية الإستاتيكية والكهرومغناطيسية لتوضيح أن الضوء نفسه موجة كهرومغناطيسية، تعتبر مقالة سيمون شافير "Accurate Measurement Is an English Science" in The Values of Precision, edited by M. Norton Wise (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1995) مقدمة يمكن فهمها بسهولة كما هو المعهود.

نجح كل من طومسون وماكسويل فى معرفة متى ينشئان نماذج فيزيائية تساعد على حل المشاكل، ومتى يتخليان عن هذه النماذج. عن شجاعة طومسون، وهو يبسط

استخدام معادلات فورييير عن الحرارة فى تحليله لكبل الأطلنطى، انظر "Mathematics and Physical Reality in William Thomson`s Electromagnetic Theory" by Ole Knudsen, in Wranglers and Physicists, edited by P. M. Harman (Manchester, England: Manchester University Press, 1985), وللتصميم المعقد لماكسويل للتروس الدوارة والعجلات الوسيطة لتوضيح الرؤية النهائية فى ستينيات القرن التاسع عشر (والميزة التى أعطته إياها على الباحثين الفرنسيين الأكثر تجريداً من الناحية الأساسية)، ابدأ بـ The Fire Within the Eye: A Historical Essay on the Nature and Meaning of Light, by David Park (Princeton: NJ: Princeton University Press, 1997), chapter 9, ثم انظر فى كتاب دانيل سيجيل Innovation in Maxwell`s Electromagnetic Theory (Cambridge, England: Cambridge University Press, 1991). وبعد ذلك، ستصبح مقالات ماكسويل الخاصة المراوغة بعمق سهلة الفهم، وهى متاحة بصورة ملائمة فى مجموعات المختارات الأدبية مثل Physical Thought: An Anthology, edited by Shmuel Sambursky (London: Hutchinson, 1974).

هيرتز

تدوينات اليوميات التى استخدمتها فى فصل هيرتز هى مجرد جزء مما هو متاح فى الكتاب المثير للاهتمام Heinrich Hertz: Memoirs, Letters, Diaries, arranged by Johanna Hertz، والطبعة الثانية الموسعة حررها Mathilde Hertz و Charles Susskind مع سيرة تمهيدية بواسطة Max von Laue (San Francisco: San Francisco Press, 1977). والأبحاث العلمية الرئيسية لهيرتز تم جمعها بعد وقت قصير من وفاته، وللطبعة الثانية مقدمة لوليام طومسون، انظر Electric Waves: Being Researches on the Propagation of Electric Action with Finite Velocity Through Space by Heinrich Hertz (London: Macmillan and Co, 1990). وكتاب سير أوليفر لودج Talks About Wireless (London: Cassel and Company Ltd., 1925) يعتبر مجموعة من ذكريات الماضى المفعمة بالحيوية كتبها شخص قريب من كل الشخصيات الرئيسية فى الأيام الأولى

للراديو. العلم الذى كان ينجزه هيرتز يتم تخطيته على طول أعمال ماكسويل فى كل نص جامعى تمهيدى. وكتاب The Sciences: An Integrated Approach, by James Trefil and Robert M. Hazen (New York: John Wiley, 1998), بداية سهلة، مكتوب بطلاقة أكثر بكثير مما هو معيارى، وكتاب بريان سلفر The Ascent of Science (New York and Oxford: Oxford University Press, 1998), مقاربة أكثر تعلقًا بالأدب، وكثيف فى الحقول الفرعية التاريخية.

الرادار

تعتبر حكايات واطسون واط الخاصة عن مشروعاته المغامرة فى الرادار كثيرة الإطناب ومثيرة للاهتمام، وهى The Pulse of Radar (New York: Dial, 1959). وذكريات ر. ف. جونيس عن حروب الذكاء تتخذ نغمة مفعمة بالحيوية ساخرة بحياء فى كل الكتاب The Wizard War: British Scientific Intelligence 1939-1945 (New York: Coward, McCann & Geoghegan, 1978). من أجل سير لشخصيات رئيسية أخرى، هناك كتاب س. ب. سنو Science and Government (Combridge, MA: Harvard University Press, 1961) الذى يعتبر بداية ممتازة، ومع ذلك من أجل تزارد وليندمان اقرأ كتاب سولى زاشرمان From Apes to Warlords (London: Hamilton, 1978) باعتباره تصحيحيًا جزئيًا بجانب كتاب سنو، انظر أيضًا Tizard, by Ronald Clark (London: Methuen, 1965). بعد ظهور التاريخ الحكومى الرسمى The Strategic Air Offensive Against Germany, 1939-1945, by Charles Kingsley Webster and Noble Frankland (London: HMSO, 1961< rour Volunes) نقح سنو محاضراته ١٩٦١، مقدمًا Appendix to Science and Government (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1962), والعودة إلى الخلف وإلى الأمام جعلت المجادلات، بعد الحرب العالمية الثانية بقليل، تعود حية من جديد.

ويعتبر كتاب روبرت هانبورى براون Boffin: A Personal Story of the Early Days of Radar, Radio Astronomy and Quantu Optics (Bristol, England: Hilger, 1991) سيرة

ذتية مكتوبة جيداً بشكل غير عادى، تعرض الأيام المبكرة لتصميم منظومة السلسلة الوطنية Chain Home، بما فى ذلك المناورات الضرورية لحماية الجهاز المبكر الناقص تماماً ضد الأعين المواظبة بشدة للتحرريين اللندنيين. وكتاب جاك نيسين Winning the Radar War, co-written with A. W. Cockerill (New York: St. Martin`s, 1987) هو ما عاشه أحد أبناء الحى الشرقى الأقصى فى لندن الشاب عندما يكون قد انجرف فى فرق التطوير لدى واط، حيث كانت السرعة هى الأكثر أهمية من الطبقة الاجتماعية - وكان البريطانيون من مراهقى إيست إند حتى جنرالات هوم كاونتى يدخلون فى مناقشات طويلة بين هذه الفرق وينطلقون بطريقة لم يتخيلوها قط من قبل.

للموضوعات الرئيسية التفصيلية يعتبر كتاب جورج ريد ميلار The Bruneval Raid (London: Bodley Head, 1974) جيداً حول عملية المظليين، بينما يظل The Battle of Hamburg: Allied Bomber Forces Against a German City in 1943 (London: Allen Lane, 1980) هو الحكاية التفصيلية الأفضل لغارة هامبورج. كمقدمات شاملة للحملة العسكرية، يعتبر كتاب سفين ليندكفيست A History of Bombing (London: Granta Books, 2001) هو الكتاب القوى - أخذت وصفى الأولى المتقطع عن هاريس فى النص الرئيسى منه - ولكن لمعادلته، انظر كتاب ماكس هاستينجس Bomber Command (London: Joseph, 1979, and later editions), وهو محافظ أكثر، ومع ذلك تم بحثه والتدقيق فيه أيضًا بشكل جيد. كمثال للتبصر النفسى لدى المؤلف، لاحظ أنه "رغم أن [هاريس]دمر أحيانًا مسعاه الخاص بمبالغاته المروعة، فإنه فهم قاعدة أولية للمناورة البيروقراطية: أنه بقبول مسار الأحداث بصوت عال وبما يكفى غالبًا علنًا، من الممكن بالفعل فعل شىء مختلف تمامًا". وتعطى دراما "قاذفة القنابل" فى إذاعة بى. بى. سى. للين دايتون (BBC Audiobooks, ISBN 0563552662, produced by Jonathan Ruffle) شعوراً مباشراً يستحوذ على الاهتمام. وكتاب روبرت باديرى The Invention That Changed the World: The Story of Radar from War to Peace (New York: Simon & Schuster, 1996) الحكاية النموذجية من مجلد واحد عن الرادار خلال مجمل القرن العشرين، من المهندس الألمانى المنسى الذى حصل على براءة اختراع نظام

محمول على سفينة فى ١٩٠٤ إلى آخر بحث فى علم فلك الراديو. ويعطى مساحة لتطوير الرادار السائد بعد وقت قصير من النجاح الكبير لنظام السلسلة الوطنية فى ١٩٤٠. والطريقة التى يمكن لفرد ثرى أن يساعد فى بداية سريعة لهذا المختبر القوى، هى الموضوع الرئيسى لسيرة جينيت كونانت عن ألفريد لوميس، فى Tuxedo Park: A Wall Street Tycoon and the Secret Palace of Science That Changed the Course of World War II (New York: Simon & Schuster, 2002).

من أجل العلم الضمنى للرادار، يناقش كل نص تمهيدى نموذج الإلكترون الحر للمعادن، ويستخدم كتاب ريتشارد ب. فينمان QED: The Strange Theory of Light and Matter (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1985) أسلوبه الشخصى الذكى لتوضيح كيف يمكن للديناميكا الكهربائية الكمية التفسيير بتفاصيل أكثر بكثير ما يحدث بالفعل عندما تتقابل نبضات الرادار مع المعادن.

تورنج والحاسبات

كان الكتاب الذى استرجع شهرة تورنج هو Allan Turing: The Enigma, by Andrew Hodges (London: Vintage, 1993, original edition 1983). وحتى أكثر من سيرة هاملتون عن فاراداى، تمت كتابته على مستوى يتجاوز كثيراً المسار العادى لمؤرخى العلم: هودجيس حرفى أدبى من الطراز الأول. وهو ممتاز بشكل خاص فى توضيح كيف أن نفس مفهوم العابر، التغير بحذق للبرمجيات لعله قد أتى من السنوات التى كان على تورنج أن يقضيها كمشته للجنس الآخر، فى عالم حذر من الشاذين جنسياً. السنوات المهمة فى برنستون وأهمية جنسانية تورنج تعتبر موضوعاً شائعاً فى الصفحات الرائعة فى رواية نيل ستيفنسون .Cyptonomicon (New York: Avon, 1999) والحكاية النموذجية لأيام بليتشلى بارك هى كتاب سيمون سينج The Code Book (London: Fourth Estate, 1999), حيث تصبح تفاصيل التشفير cryptography مثيرة لاهتمام القارئ كما كان لدى تورنج.

سوف يلاحظ القراء الميالون إلى الرياضيات أن الأصفار يمكن استخدامها وانعكاسها بالترتيب، ومن ثم فإنها تتبع قواعد نظرية الزمر من الجبر البحت - وهذا هو سبب أن علماء الرياضيات يحصلون على مرتبات عالية فى GCHQ و NSA. ويشير كتاب إسرائيل هيرشتاين المعمر Topics in Algebra (Lexington, MA: Xerox College Publications, 1975) ما يعد به ذلك تجاه تقنيات حل الشفرات المعقدة، ويعطى شعوراً بالجمال الذى يمكن للتجريد أن يقدمه. والسيرة المكتوبة برقة لكونستانس ريد Hilbert (New York: Copernicus, 1996, original edition 1969) التى تعتمد على مقابلات مع الكثير من زملاء هيلبرت، هى مقدمة نموذجية غير تقنية للتحدى المخيف ظاهرياً الذى وضعه دافيد هيلبرت .Entscheidungsproblem وكتاب Insights of Genius: Imagery and Creativity in Science and Art لأرثر آى. ميلر Cambridge, MA: MIT Press, 2001) يشرح برشاقة الروابط التى سمحت لتورنج برؤية أشياء لم يرها أحد من قبل.

للتاريخ المبكر للحوسبة Glory and Failure: The Difference Engines of Johann Miller, Charles Babbage, and George and Edvard Scheulz, by Michael Lindgren (Cambridge, MA: MIT Press, 1990) له نظرة مرحة تجاه المهندسين السويديين اللذين صنعا بالفعل آلة الفرق لباباج رقم ١ - لكنهما توصلا، فى أربعينيات القرن التاسع عشر- إلى أنه لم يكن هناك من هو مستعد لشرائها. Turing and the Universal Machine: The Making of the Modern Computer, by Jon Agar (Combridge: England: Icon Books [published in the U. S. by Totem Books], 2001) يكشف عن الطريقة التى من خلالها جعلت نمو برامج الأمن الاجتماعى والبيروقراطيات الضخمة بشكل عام الحاسبات لا مهرب منه تقريباً. The Dream Machine: J. C. R. Licklier and the Revolution That Made Computing Personal, by M. Mitchell Waldrop (London and New York: Viking, 2001), يوضح كيف أدت الحاجة إلى جعل الصفوف المكتظة للوحات الدفاع الصاروخى شخصية فى خمسينيات القرن العشرين إلى الحاسب الشخصى. Machines Who Think: A Personal Inquiry into the History and Prospects of Artificial Intelligence, by Pamela McCorduck (Notick, MA: A. K. Peters, 2003, updated reissue of

1979 W. H. Freeman edition)، أعاد الحياة لأول أجيال الباحثين الذين حملوا، غالبًا بالمزيد من الحماس أكثر من النجاح، حلم تورنج بالذكاء الاصطناعى.

أى شخص كافح من أجل جعل نظم الحاسب الضخمة تنجح - وأى شخص تساءل حول سبب أنها بهذه الصعوبة - سوف يستمتع بأكثر كتبى المفضلة من مصمم نظم العمل: The Mythical Man-Month: Essays on Software Engineering (Reading, MA: Addison-Wesley. Anniversary edition 1995), وتم تجديده بواسطة المجموعة شبه الشاعرية لإريك رايموند The Cathedral and the Bazaar: Musings on Liux and Open Source by an Accidental Revolutionary (Sebastopol, CA: O`Reilly, 1999). وكتاب جورجينا فيرى A Computer Called Leo: Lyons Teashops and the World`s First Office Coputer (London: Fourth Estate, 2003) يعتبر نظرة جسورة على الجهود البريطانية المبكرة غير الناجحة تمامًا لابتكار صناعة حاسب. وكتاب دانى هليليس The Pattern on the Stone (London: Weidenfeld and Nicholson, 1998) مقدمة كاملة مختصرة لعلم الحوسبة، وكتاب نيل جيرشنفيلد The Physics of Information Technology (New York: Cambridge University Press, 2000) نظرة أكثر تطورًا على كيف تم فعل ذلك.

الترانزستورات والآلات الكمية

قابل ميشل ريوردان وليليان هودستون عددًا كبيرًا من المشاركين فى السباق لابتكار ترانزستور ناجح، مما يعطى كتابهما Crystal Fire: The Invention of the Transistor and the Birth of the Information Age (New York: W. W. Norton, 1997) فورية وقوة إقناع عاليتين. تتخذ هوديسون مقاربة مماثلة فى سيرتها عن عالم النظريات المتواضع الذى قاد فريق مختبرات بل، True Genius: The Life and Science of John Bardeen وشاركها فى تأليفه Vicki Daitch (Washington, D.C: Joseph Henry Press, 2001). وكلا الكتابين يوضحان كيف لتقنية تبدو واضحة فى تأمل الماضى أن تكون ضبابية وغير أكيدة فى لحظة مولدها.

العلم الضمنى أساسى لكل نص عن ميكانيكا الكم، والمثالان الجيدان هما Quantum, by Jim Al-Khalili (London: Weidenfeld & Nicolson, 2003) والقائم على التاريخ إلى حد ما The Quantum Universe, by Tony Hey and Patrick Walters (Combridge, England: Combridge University Press, 1987), الذى يحتوى على القليل من الأخبار السارة مثل حكاية مهندس الرادار البريطانى سيئ الحظ ج. و. أ. دامير، الذى كان لديه فى ١٩٥٢ خطط تفصيلية لدائرة مدمجة - ومع ذلك انتهى به الأمر إلى أنه تم تجاهله، بسبب نفس التخمة الإدارية التى كانت قد سحقت مليارات السنوات الزمنية، وانخفاض كثافة المادة ومصادر الطاقة الضخمة المتاحة الناتجة عن أحول مثالية لتضىء هذه الأشعة.

مختبرات الأبحاث والنتائج الأخرى

عندما تعمل فى منظمة تقوم بتطوير الفأرة ومع ذلك فشلت فى الربح منها، ومن مفهوم الملفات الرقمية، وتحريك البيانات على الشاشة وتحريك المؤشر والضرب على العلامات، وتقريبًا من كل خواص الحاسب الشخصى، سيكون من المرجح أن تتناغم مع قضايا البحث فى حالات فشل المختبر ونجاحه. وربما يكون هذا ما كتب عنه جون سيلى، مدير زيروكس PARC لمدة طويلة (حيث حدثت حالات الفشل هذه، رغم أن ذلك قبل توليه هذا المنصب)، مع بول داجويد، نفس أفضل حكاية حول كيفية عمل الابتكار بالفعل فى الشركات وفى المجتمع: The Social Life of Information (Boston: Harvard Business School Press, 2000). متوافقًا مع ذلك Up the Infinite Corridor: MIT and the Technological Imagination, by Fred Hapgood (Reading, MA: Addison-Wesley, 1993), يعتبر سيرة هادئة لهذا الكائن الغريب الذى يغير العالم كمهندس لـ MIT، مجموعة مختارات حررها ريشتارد روديس Visions of Technology: A Century of Vital Debate About Machines, Systems and the Human World (New York: Simon & Schuster, 1999) تعطى عينات عن المناقشات حول ما توصلوا إليه. وكتاب بيتر هال Cities in Civilization: Culture, Innovation, and Urban Order (London: Weidenfeld & Nicolson,

1998) يناقض حجمه الكبير: إنه حكاية عجيبة سهلة القراءة حول كيفية تغير المجتمعات، مع فصل طويل عن القدرة على الابتكار فى ممفيس إلفيس بريسلى، فى تينيسى - تماماً عند اللحظة التى كانت فيها تقنية الترانزستور على وشك الظهور.

The Human Web: A Bird`s -Eye View of World History, by John R. McNeill and William H. McNeill (New York: W. W. Norton, 2003), يضع تحول المعلومات فى مركز الأحداث فى تاريخ الحضارة، وفى تقديرى فإن كتابهما سوف يتم النظر إليه باعتباره مرشداً خلاقاً لما سيكون على قرننا الحادى والعشرين أن يقدمه.

العقل وما وراءه

هناك خلفية ممتازة فى كل مجالات الفزيولوجيا فى كتاب كولين بلاكمور وشيلا جينيت المجهز بصور توضيحية جميلة The Oxford Companion to The Body, edited by Colin Blakemore and Sheila Jennett (Oxford and New York: Oxford University Press, 2001). وحكاية هودجكينز الخاصة التفصيلية حول حالة مجال العمل بعد عقدين من اختراقه الرئيسى مع هاكسلى هى The Conduction of the Nervous Impulse (Liverpool: Liverpool University Press, 1963), وهى أيضاً شديدة الأثر لأن خبراته الخاصة هى السيرة الذاتية الهادئة الطويلة التى كتبها فى ١٩٩٢: Chance and Design (Cambridge, England: Cambridge University Press). بالنسبة للمخ فى مجمله، تقدم سوزان جرينفيلد حكاية رشيقة كمديرة مدرسة فى The Private Life of the Brain (New York: John Wiley, 2000), وكتاب جون مككرون Goinng Inside: A Tour Round a Single Moment of Consciusness (London: Faber and Faber, 1999) استكشاف أكثر بساطة وتفصيلاً. وكتاب دافيد هابل Eye, Brain and Vision (San Francisco: Scientific American Liberary, 1988) هو رؤية رائعة لما تستلزمه الرؤية، قدمه العالم الذى قدم الكثير للكشف عنها. وكتب أيضاً بشكل جيد، ممتنعاً عن الجمل العادية حول نقل الأيونات عبر الأغشية، من أجل ازدهار "البروتينات الصغيرة الشبيهة بالآلة.. التى تستحوذ على الأيونات وتطردها من الخلية".

والتاريخ الثقافى الجميل هو From Beast-Machine to Man-Machine: Animal Soul in French Letters from Descartes to La Mettrie, by Leonora Cohen Rosenfield (New York: Octagon Books, 1968), الذى يوضح، بطريقة تقنية على نحو مناسب، كيف حدثت الحاجة إلى التحيزات العقلية لدى علماء فيزيولوجيا القرن التاسع عشر. ومقالة ب. كرانفيلد "The Organic Physics of 1847 and the biophysics of today" in The Journal of the History of Medicine and Allied Sciences 12 (October 1957) تقدم اللقاء المئوى شبه السرى فى برلين فى ١٨٤٧ عندما قرر أربعة علماء شباب أن الوقت قد حان للتخلى عن أى سلطة دينية سابقة وقياس السرعة المحدودة للتيارات الكهربائية فى الأعصاب، وسيرة لوو كوينجسبرجر Hermann von Helmholtz: A Life, translated by F. A. Welby (Oxford, England: Oxford University Press, 1906) توضح التوتر الذى شعر به أكثر هؤلاء المفكرين أهمية فى هذه الجماعة عندما كان مشروعهم على وشك أن يبدأ. مقالة توماس كون "Energy Conservation As an Example 0f Simultaneous Discovery" in The Essential Tension: Selected Studies in Scientific Tradition and Change (Chicago and London: University of Chicago Press, 1977) تضع أعمالهم فى سياقها، موضحة أنه منذ لحظة تجربة ١٨٣١ لفاراداى (التى دحضدت نظرية الاحتكاك الغامضة لفولطا عن التوليد الكهربائى)، كان المسرح جاهزًا لنصف دزينة على الأقل من الباحثين فى العقدين التاليين لاكتشاف حفظ الطاقة "بشكل مستقل". A Short History of Anesthesia, by G. B. Rushman et al. (London: Butterworth-Heinemann, 1996), يقتفى آثار الفيزيولوجيا العلمية وهى تخترق أشد الممارسات الجراحية ضيقًا فى التفكير.

فى تطورات مستقبلات المخ التى أدت إلى عقاقيرنا الموجهة إلى تغيير المزاج، يقدم كتاب سولومون سنيدر Brainstorming: The Science and Politics of Opiate Research (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1989) المؤلف بصفته مدير مختبر حكيم منسوب إلى عمه، والسيرة بواسطة أحد أكثر زملائه السابقين إثارة للاستياء، Molecules of Emotion, by Candace Pert (New York: Simon & Schuster, 1997), تمثل وجهة نظر مختلفة إلى حد ما. فى كلا الحالتين، يعتبر استطلاع سيندر Drugs and the

مرجعًا أوليًا جيدًا للعملية Brain (San Francisco: Scientific American Library, 1986) الأساسية للمشابك العصبية والمستقبلات. حول ما تعنيه ثورة البروزاك، لا يوجد نص أفضل من نص بيتر كرامر في تبصره Listeninig to Prozac (London: Fourth Estate, 1994).

أخيرًا، لاستكشاف المزيد من المداخل الجزئية وخواتم الكتب، يعتبر كتاب هينز باجيلس الأخير The Cosmic Code (New York: Simon & Schuster, 1982) تحفة شعرية حول العالم المجهرى والعالم المرئى، بينما كتاب سيتفين وينبرج The First Three Minutes: A Modern View of the Origin of the Universe (London: Deutsch, 1977) يوضح كيف أن حتى معادلات المدرسة الثانوية البسيطة، التى يتم فهمها بشكل جيد، قادرة على وصف اللحظات الأولى فى الكون بتفاصيل هائلة. وكتاب مارتن ريس Our Cosmic Habitat (Princeton, NJ: Princeton University Press, 2001) وأيضًا The Five Age of the Universe, by Fred Adams and Greg Laughlin (New York: Simon & Schuster 1999) يظهران العظمة ووجهة النظر التى يمكن أن يقدمها أكثر علماء علم الفيزياء الفلكية رفعة.

شكــر

من جديد خرج هذا الكتاب من محاضرات من سنوات قيامي بالتعليم في أكسفورد، ومنه أدين بالكثير من الشكر لرالف داهرندورف، وأفي شلايم وروجر أوين، الذين كانوا جميعًا عندئذ في جامعة أنتوني. الفكرة في تحويله إلى نص يتعامل مع التقينة العملية كما يتعامل مع العلم الضمني، جاءت جزئيًا من الوقت الذي قضيته مع فرق الأبحاث أو السيناريو في عدد من المشروعات الكبيرة، وبشكل خاص ميكروسوفت، بي.إم. دبليو، شل وفيزر، وجزئيًا جاءت هذه الزاوية أيضًا من موقف عائلتي الموسعة المختصر تجاه العالم: شعور بأنه مكان غريب ومذهل، لكن مع الفهم الهادئ - واحترام المهارات العملية - يمكننا شق طريقنا فيه.

كان خالي موراي ألبرت، الذي توفي عندما كنت أنتهي من هذه النص تمامًا، عطوفًا بشكل استثنائي عندما نقل لي هذا الموقف. كان أحد أعضاء القوات الجوية الأمريكية الذين أدوا فيها أطول مدة خدمة، وقد انضم إلى الفيلق الجوي في الجيش قبل وقت قصير من الحرب العالمية الثانية، وانتهى من الخدمة في عهد المقاتلات F-117 التي لا ترصدها الرادارات. كان له موقف هادئ تجاه الوظائف التقنية، واضعًا تمييزًا ضئيلاً بين تجهيز السباكة لحوض الاستحمام في نهاية أسبوع هادئة والإشراف على النظام الكهربائي لإحدى تلك الطائرات النفاثة العسكرية الضخمة. وكنت أحب مراقبته وهو يعمل.

بدأ الكتاب نفسه مع والدي الراحل، في البداية كولد صغير، ثم كرجل شاب انتقل إلى شيكاغو في عشرينيات القرن العشرين، وانتهى مع والدتي، التي كانت فتاة في مزرعة في أوهايو وقابلته بعد وقت قصير من الحرب العالمية الثانية، وبدأت معه عائلة كانت تعيش حولها، حتى ستين سنة تقريبًا بعد ذلك، عندما شاركته في أول خطابات

الحب. أى تبصر قد يكون فى هذا الكتاب قد يأتى مما أكون قد تعلمته منهما. أخواى من أمى، لين وجين باسيل، وأختهما سارة ألبرت ودوريس إستون، شاركونى أيضًا موقفًا مدهشًا لا يتسم بالتفاهة: أذكر بمحبة كبيرة عندما كانوا جميعًا فى السابعة عشرة أو الثامنة عشرة، يراقبون الأخبار فى التلفزيون معًا فى بيت المزرعة فى أوهايو ويدركون: هنا أكثر من أربع مائة سنة من الذكرى المتراكمة، وأنا أشاركهم من خلال كلماتهم الحكيمة شديدة الذكاء.

ساعدنى عدد كبير من الأصدقاء خلال المراحل المختلفة من المشروع، ومنهم ربيكا أبرامس، شاندا باهليس، سانى باتس، جوليا بندمان، جاسمين بيرتلز، دوج بوردين، ريتشارد كوهين، إيستر إيديناو، جانيت إيفانز، آن وشاريس فين، بيتى سيو فلاورز، براندى فرسنجر، مات جولد، روندا جولدشتاين، جو هاجنال، تيم هارفورد، ماثيو هوفمان، ناتاشا إلام بيرج، جوانا كامر، تارا ليماى، أدام ليفى، سوزان ليفى، سسيو ليبورد، كارين ليبريتش، بيتر مين، تيرى مانينج، أرثر ملر، فران مونكس، دان نيومان، ميا نيبرانت، تريزا بول، رامانا روو، ماريكا رونجارد، هريت روبين، جوناثان رافل، تيا شابارت، جويلا ستيوارت، جنيفير ساليفان، هان تروون، وفوق الجميع جابرييل ووكر: وأود أن أشكرهم جميعًا بشكل شخصى، لكن فقط لمرة واحدة أبحث عن الكلمات: كل ما أستطيع تسجيله أن دماثتهم وتبصرهم حوّل الكتاب إلى ما هو أفضل.

بدأ هذا المشروع فى كراون مع إميلى لوس وبمهارة تم استكماله بواسطة راشيل كلايمان، كل ذلك تحت الإشراف المسعف لكريستين كيسير وستيف روز، وكان لصبرهما فى التعامل مع مؤلف بدا دائمًا راغبًا فى "مجرد تغيير واحد آخر" هو ما يجب تقديره أكثر. كراون شركة كبيرة، لكنها بطريقة ما تجعل المؤلفين يشعرون أنهم جزء من مجتمع. أتذكر ذات مرة، وأنا أدردش مع راشيل وكريستين وستيف، وأستكشف لمجرد المرح كيف كان إريك لارسون يضع كتبه معًا: أدى هذا إلى تحولى إلى "عاصفة" إسحاق Isaac`s Storm، ومنها الانتقال إلى فكرة لصفحات التأطير المطبوعة بخط مائل التى تضع قصة الكهرباء فى منظور فلكى أوسع. دون الحديث معهم، لم أكن قط لأجرب ذلك.

بدأت الكتابة الفعلية مع المؤلف وأوراقه منتشرة على المقعد الأمامى للاند كروسر فى الموقف على ارتفاع ٦٠٠٠٠ قدم فى تانزانيا، والنوافذ مدارة فى محاولة عبثية لمنع عويل زوبعة من جريت ريفت فالى، بينما صديقة إسكندنافية متحمسة كانت تنادى - كان من الصعب سماعها مع زئير العاصفة - لم يكن هذا الجو البارد عاديًا! وفى أية لحظة كانت الريح ستتلاشى! كانت على حق، رغم أننى بعد بضع ساعات، وأنا جالس على شرفتها أراقب غروب الشمس وأستعيد حساباتى، أثرثر عن هذا وذاك، ثم عيناى نصف مغلقتين للاستماع إليها وهى تقرأ بصوت مرتفع، أدركت ما يجب أن يكون عليه أسلوب الكتاب. العالم قديم، لكن الكهرباء أقدم. لقد شكلت مرتفعات ماساى هيلز التى يمكننى أن أراها بشكل غامض، لقد شكلت حياة كل من ساروا عبر هذه المرتفعات أيضًا.

لقد تم استكمال الكتاب الآن، على ارتفاع خمسة أميال من الأطلنطى، مسافرًا بالطائرة النفاثة فى راحة هادئة وبجانبى ابنتى ذات الثمانية أعوام، ما أسرع ما ستكون فى البيت مع أخيها الكبير. وكيف ساعدوا فإن هذا ما سيدركونه فقط لاحقًا. عندما كان هناك الكثير من الكتابة المطلوبة اشتركوا فى ذلك فى انسجام بسلسلة من الأسئلة المتشوقة، وعندما كنت أفقد التركيز فى أى من الفصول، كنت أختبر قصصًا جديدة ونحن نسير، ونقفز، وننطلق بسرعة أو فى أحوال أخرى كنا نشق طريقنا إلى المدرسة فى الصباح.

كنت أنجز بعض الكتابة فى الليل لكن كان عليّ فى الغالب أن أستيقظ مبكرًا جدًا وأقوم بذلك حينئذ. كان لدينا مطبخ كبير، له نوافذ كبيرة، وكنت أحب السير فى الظلام، مع لندن الهادئة فى الخارج، ثم أتجول فى المطبخ، أعد قهوة أو شايًا قبل نشر أوراقى على المائدة الخشبية حيث سنتناول إفطارنا فيما بعد. كنت أتوقف عادة لألقى نظرة على الصغار فى غرفهم - سام مع جهاز قاطع التيار هومر سبمسون العملاق لديه، صوفى مع قلاع الجن على الحائط - لكن حتى لو لم أفعل ذلك، أشعر باطمئنان شديد فقط من معرفتى بأنهم هناك.

بالتدريج يصبح صوت الطيور أعلى فأعلى من الحدائق فى الخارج، والبوادر المبكرة للضوء تبدأ فى الظهور، وفى السادسة والنصف أو السابعة يبدأ فى التجول

هناك أول طفل نعسان يرتدى بيجاما، مستعد لبعض الدردشة أو على الأقل إمدادات طوارئ من عصير الفاكهة أو الشوكولاتة الدافئة. يتكئون على الحائط تحت أكبر نافذة، إما يقرءون كتبهم الخاصة أو يرسمون قليلاً، أو أحيانًا لا يفعلون الكثير من أى شىء، فقط سعداء فى الاستمرار فى صحبة أبيهم. لم أكن أحاول الابتسام وأنا أكتب بسرعة، وأنا أشعر بأفكارهم ورقتهم تدخل إلى روحى.

وأنا أشعر برضاهم يدخل إلى كلماتى.

قائمة المصطلحات

أدرينالين adrenaline: هرمــــون يفـــرزه لب الكظر ينســـاب فى الدم كاستجابة للإجهاد الجسدى والذهنى نتيجة الخوف أو الإصابة أو غيره، مستهلاً العديد من الاستجابات الجسدية بما فيها تحفيز عمل القلب وارتفاع كل من ضغط الدم ومعدل الأيض وتركيز جلوكوز الدم.

جهاز تقوية amplifier: جـهـاز يستعمل فيه الترانزستور أو الأنابيب الإلكترونية التى تقوى الإشارات الكهربائية.

المحور العصبى Axon: امتداد للخلية العصبية ينقل الدفع العصبى من جسم هذه الخلية إلى خارجها.

بث إذاعى Broadcasting: إذاعة الأخبار أو الموسيقى أو غيرها بالإذاعة أو التلفزيون، أو بث الصوت أو الصورة بحيث يصل إلى عدد غير محدود من محطات الاستقبال أو أجهزته.

ترجمان compiler: برنامج يحول تعليمات الحاسب المكتوبة بلغة المصدر إلى لغة الآلة، وينتج عنه برنامج الغاية الذى يقرأه الحاسب وينفذه.

التشفير cryptography: الكتابة بالشفرة.

إلكترونيات electronics: علّم الظواهر الإلكترونية وتقنياتها، والأنظمة والأجهزة الإلكترونية وصناعتها.

عتاد Hardware: مكونات الحاسب الإلكترونى ووحداته المساعدة ذات العلاقة المباشرة فى عمليات معالجة البيانات أو عمليات الاتصال.

تداخل Interference: تداخل الموجات أو تشوش واضطراب فى الإشارات اللاسلكية المستقبلة.

أوسلوسكوب Oscilloscop: آلة إلكترونية تنتج صوراً فورية على شاشة أنبوب الأشعة الكاثودية تكون مطابقة لذبذبات الجهد الكهربائى والتيار.

بكسل Pixel: خلية صورة وهى أصغر مساحة على شاشة العرض يتغير نورها.

برمجة Programming: تزويد الحاسب الإلكترونى بإرشادات لحل مشكلة أو معالجة بيانات.

معالج Processor: أى جهاز قادر على تنفيذ عمليات على البيانات، وقد يكون المعالج المركزى.

الرودوبسين rhodopsin: الأرجوان البصرى: خضاب أرجوانى محمر حساس للضوء فى عيدان شبكية العين عند الأسماك البحرية ومعظم الفقاريات العليا.

شبه موصل Semiconducto: أى من المواد الصلبة البلورية كالجرمانيوم أو السليكون لها قدرة توصيل كهربائية أكبر من المواد العازلة وأقل من الموصلات الجيدة.

برامج Software: البرمجيات، هى عدة برامج تتحكم بوظيفة مكونات الحاسب الإلكترونى ووحداته وتدير العمليات التى يقوم بها، ومن هذه البرامج: برامج أنظمة التشغيل والتطبيق والترجمة وقوانين استخدام الحاسب الآلى.

لوحة المفاتيح Switchboard: لوحة التوزيع: لوحة تعلوها عدة مفاتيح تشغل بها الأجهزة الكهربائية والهاتفية.

مشبك synapse: وصلة تمر عبرها نبضة عصبية من نهاية محور عصبى إلى عصبون أو خلية عضلية أو خلية غدية.

ترانزستور Transistor: جهاز إلكترونى صغير يحتوى على مادة شبه موصلة وله على الأقل ثلاثة موصلات إلكترونية تستخدم فى الدارة الكهربائية كمكبر أو كمقوم للتيار أو كمفتاح كهربائى.

أنبوب مفرغ Vacuum tube: أنبوب إلكترونى مفرغ من كل الغازات أو معظمها، يسمح للإلكترونات بالتحرك مع تفاعل بطىء مع ذرات الغازات الباقية.

العصب المبهم vagus nerve: أحد الأعصاب الجمجمية العشرة وأطولها والذى يمر بالرقبة والصدر والبطن موفراً الإحساس لجزء من الأذن واللسان والحنجرة وهو حافز الحركة للحبال الصوتية وحافز الحركة الإفرازى للأحشاء البطنية والصدرية.

منطاد زبلن Zeppelin: هو منطاد أسطوانى طويل صلب مجهز بحجيرات غازية. وكان الكونت فرديناند فون زبلن، الجنرال الألمانى، قد صنع هذا المنطاد الذى يحمل اسمه وطار به من بحيرة كونستانس عام ١٩٠٦ مسافة ٩٦ كيلومتراً تقريباً فى ساعتين اثنتين.

المؤلف فى سطور :

دافيد بودانيس

قام بتعليم التاريخ الثقافى فى أكسفورد، وهو مؤلف العديد من الكتب، بما فيها "البيت السرى" و"E=mc2"، و"كتاب الجسم" و"الحديقة السرية" و"العائلة السرية".

من أبناء شيكاغو ويعيش فى لندن.

المترجم فى سطور:

عزت عامر

شاعر له ديوانان "مدخل إلى الحدائق الطاغورية" و"قوة الحقائق البسيطة" ومجموعة قصصية "الجانب الآخر من النهر"، وكتاب "شاهد ومشهود" فى الفكر والفلسفة.

حاصل على بكالوريوس هندسة طيران من جامعة القاهرة، ١٩٦٩.

مدير مكتب مجلة "العربى" الكويتية فى القاهرة.

محرر علمى ومترجم عن الإنجليزية والفرنسية، ينشر فى العديد من المجلات والصحف العربية.

عمل محرراً لصفحة العلم والتكنولوجيا فى صحيفة "العالم اليوم" المصرية، ومسؤولاً عن صفحة يومية وصفحة طبية أسبوعية فى صحيفة "الاقتصادية" السعودية.

طُبع له فى المجلس الأعلى للثقافة فى مصر ترجمات عن الإنجليزية لكتب: "حكايات من السهول الإفريقية" لآن جاتى، و"بلايين وبلايين" لكارل ساجان"، و"يا له من سباق محموم" لفرانسيس كريك، الذى أُعيد نشره فى مهرجان القراءة للجميع ٢٠٠٤، و"الانفجار العظيم" لجيمس ليدسى، و"سجون الضوء..الثقوب السوداء" لكيتى فرجاسون، و"غبار النجوم" لجون جريبين، و"الشفرة الوراثية وكتاب "التحولات" لجونسون يان.

ونُشر له فى المركز القومى للترجمة، ترجمة: ما بعد الواقع الافتراضى" لفيليب ريجو عن الفرنسية، و"قصص الحيوانات" لدينيس بيبير، و"أينشتاين ضد الصدفة" لفرانسوا دو كلوسيت عن الفرنسية، و"حكايات شعبية إفريقية" لروجر د. أبراهامز، و"أغنية البحر" لآن سبنسر، و"كون متميز" لروبرت لافلين.

شارك فى ترجمة ومراجعة مجلدى جامعة كل المعارف "الكون" و"الحياة" عن الفرنسية، بالمجلس الأعلى للثقافة فى مصر.

نُشر له من دارى "كلمة" و"كلمات" ترجمة "عصر الآلات الروحية" لراى كيرزويل.

نُشر له فى دار إلياس ترجمة لـ "من الحمض النووى إلى القمح المعدل وراثيًا" لجون فاندون، و"من قنفذ البحر إلى النعجة دوللي" لسالى مورجان، وضمن الجزء الأول لـ "النظريات العلمية ومكتشفوها" كتابى "كبلر وقوانين الحركة الكوكبية" و"نيوتن وقوانين الحركة الثلاثة".

نُشر له ستة كتيبات للأطفال تحت عنوان "العلم فى حياتنا" عن طريق المركز القومى لثقافة الطفل فى مصر، وينشر قصصا مصورة ومواد علمية للأطفال فى مجلة "العربى الصغير" الكويتية، ومواد علمية فى مجلة "العربى" الكويتية وملحقها العلمى.

التصحيح اللغوى: محمود حنفى
الإشـراف الفنـى: حسن كامل

في "كون كهربائي"، ينسج دافيد بودانيس قصصًا رومانسية وإيحاءات سامية وخدعًا من خلال حكاية صافية عن القوة غير المرئية التي تتخلل كوننا. في هذه الصفحات يأتي علماء يتذوقون الفن يسبرون أسرار الكهرباء ممتلئين بحيوية الحياة، بمن فيهم عمالقة مثل توماس أديسون، والملهم مايكل فاراداي، الذي كافح أمام الأحكام المسبقة للنظام الطبقي البريطاني، وصموئيل مورس الذي كان رسامًا قبل اختراعه للتلغراف، وألان تورنج الذي وُجه حلمه بالآلة الذكية العجيبة بلامبالاة.

من الماء شديد البرودة في المحيط الأطلنطي إلى شوارع هامبورج خلال عاصفة نيران الحرب العالمية الثانية وصولا إلى داخل الجسم البشري، يعتبر كتاب "كون كهربائي" رحلة تأسر اللب بين الاكتشافات العلمية المهمة، وغوص في أسرار هذه الطاقة الساحرة.

تصميم الغلاف: عبدالله البسيوني